シンポジウム

S01　生態学における陸域・水域研究のギャップを考える
S02　日本の砂浜海岸における砂丘植生の現状と課題
S03　Links between different approaches in community ecology: the possibility and the potential availability
S04　寄生虫生態学－寄生虫学と進化生態学の融合を目指して
S05　意思決定の生態学
S06　トキとコウノトリが出会うとき～里地の自然再生を考える
S07　湖沼と湿地の自然再生：生態学が果たす役割と他分野との協働
S08　なぜ，日本列島の生物多様性は保たれてきたのか？－ダイアモンド「文明崩壊」を越えて－
S09　Scaling up plant traits to species performance based on cost-benefit balances: Towards general concepts of trait-based community ecology
S10　生理学を武器にして動物生態学をおもしろくできないだろうか？
S11　ユビキタスジェノタイピングと数理モデリングによる絶滅危惧植物保全
S12　実証データが進展させる代謝べき乗則のＷＢＥ理論（メタボリック・スケーリング理論）の現状
S13　適応進化を制限する機構：気候変動下での生物多様性研究への示唆
S14　A multidisciplinary approach to explore the mechanism of mast seeding: combination of modeling and molecular/field experiments
S15　CBD ポスト 2010 年に向けた微生物多様性研究
S16　COP10 後に生物多様性地域戦略に込められた期待と課題 －地域の保全活動において必要な生態学と政策のつながり－

S01-1

陸域・水域研究に見られるギャップの要素と構造

深谷肇一（北大環境）

陸域生態系と水域生態系の間には、生態系を構成する生物群や、生物をとりまく環境などに大きな違いがある。また、これらの違いを反映して、陸域生態系と水域生態系を対象とした科学と、その社会・取り組みの中にも様々な違い（取り扱う生態学的概念・取り組む課題、所属する組織・学会、講読・出版・引用する雑誌、ファンド、応用的な取組みなど）が見られる。陸域研究 - 水域研究の間に見られるこのような違いの中には陸域研究 - 水域研究の交流を妨げる「ギャップ」となっているものがあり、それを埋めることで生態系の一般的な理解をより推し進めることができるかもしれない。

そこで本講演では、世界・日本の生態学の陸域研究 - 水域研究の間に見られるギャップの要素を整理することを目的とする。前半では、これまで国際誌で行われてきた陸域・水域研究のギャップに関する議論を俯瞰し、両者の間に見られるギャップの要素を特定する。後半では企画者らが行った、研究者の所属学会、出版された論文、ファンドに関連した調査の結果を紹介し、日本の生態学会がハビタットの垣根を超えた議論が生まれやすい環境にあるのかどうか考察したい。

S01-2

宿主の利用における陸域・水域生態系の対比

熊谷直喜（水工研）

一般性の高い生態学理論を構築するには、あらゆる系における現象の比較が欠かせない。とくに陸域と水域における生態現象の類似と相違を比較すれば、より適用範囲の広い理論へと迫ることができるだろう。ここでは、小型の動物が固着生物をマイクロハビタットとして利用する宿主 - 寄生者相互作用について、陸域と水域生態系とを比較する。宿主利用の現象は陸上植物と植食昆虫の系を対象として古くから研究されてきた。これらの植食昆虫の大多数は少数の植物種のみを利用するという宿主特異性をもつ。そのメカニズムとして植食とその防御による 2 者間の共進化、または捕食回避に有利な宿主を選択するという 3 者間の相互作用が考えられており、両者の相対的重要性が議論されてきた。一方、水域においても固着生物を宿主とする現象は広く成立しており、陸域と同様のメカニズムで説明されてきた。しかし、水域では陸域と異なり宿主特異性はあまり見られず、宿主も寄生者も多数の生物門にわたっている。例えば、節足動物のほか軟体動物、環形動物、棘皮動物などが、大型植物に限らず刺胞動物、海綿動物、苔虫動物などをも利用する。本公演では、陸域・水域生態系間における主に餌資源構造の違いに着目することで、宿主利用のメカニズムを俯瞰し整理・再考する。その実例として、ソフトコーラルを利用するヨコエビの系を用いた研究を紹介する（Kumagai 2008）。また学会発表や論文投稿の過程で障壁となった用語の定義や概念などにおける陸域・水域ギャップについても言及し、生態系を超えた生態学の一般理論の可能性について議論する。

S01-3

陸域と海域の生物多様性のマクロ生態学的なパターン比較

久保田康裕（琉球大）

従来の野外生態学の研究は、対象とする生物の分類群（材料）あるいは生物種のハビタット（場所）に応じて細分化が進んできた。陸域と海域の間で顕著と指摘される生態学のコミュニケーションギャップは、分類群やハビタットの組み合わせの間でも、程度の差はあれ「入れ子的」に存在する。このようなコミュニケーションギャップは、材料や場所にとらわれない生態学的機構の一般則を考える上で大きな障害となる。生物多様性の広域的なパターンを理解する上で、マクロ生態学は生態学的アプローチと進化生物学的アプローチをつなぐ視点を提供する。マクロ生態学では、生物種の分布を（特定の場所に限定することなく）全球スケールつまりフルレンジで分析するため、種の環境に対する生理的適応や地理的イベントを契機としたマクロ進化が、地域間の種多様性の変異に及ぼす影響を定量できる。また、ラポポート則や種多様性の緯度勾配などのマクロスケールパターンが様々な分類群に共通して観察されることから、マクロ生態学は（特定の分類群に制約されない）生物多様性の創出機構の一般則を検討する手がかりも与えている（Lawton 1999）。マクロ生態学の研究は、陸域の生物種の分布情報の集積に伴い 1990 年代以降、急速に進展した。最近では海洋生物のマクロ生態学的なパターンの記載が進み、陸域と海域の生物群集に共通した集合機構を検証できる状況になりつつある（Witman & Roy 2009）。本講演では、陸域と海域で観察される生物多様性のマクロ生態学的なパターンを、既存研究に基づいてレビューし、陸域と海域の生物群集を比較するアプローチによる生物多様性研究の可能性について議論する。

S01-4

陸域相利系における発見が水域群集に適用されるとき：群集ネスト構造をめぐる発見と迷走

近藤倫生（龍谷大）

ネスト構造は、当初、陸域生態系に特有な「送粉・種子散布系」において発見された（Bascompte et al. 2003）ネットワーク構造である。その後、陸上における「アリ - 花外蜜腺保有植物系」のみならず、海域における「掃除魚群集」や「イソギンチャク共生系」等においても同様の構造が発見されることで、相利系一般に特有の構造と考えられるようになった。これを受けて、ネスト構造が相利系ネットワークで生じるメカニズムに関する仮説や、ネスト構造が相利系の動態に及ぼす影響に関する研究が熱心に行われた。さらには、捕食 - 被食関係においては、ネスト構造が生じにくい理由が「説明」されるようになる。だが、最近の研究から、陸域・水域の区別を問わず食物網にも同様のネスト構造がみられることがわかった（Kondoh et al. 2010）。過去に提案された相利ネットワークにおけるネスト構造成立の理論の前提、すなわちネスト構造は相利系に特有の構造であるという前提が崩れたいま、私たちは群集ネットワークにおけるネスト構造の意味をもう一度考え直す必要があるだろう。ここでは、ネスト構造の発見とその生態学的説明をめぐる研究をレビューすることで、陸域 - 水域研究の相互作用、理論の一般化等に関してどのような「教訓」が得られるか考えたい。

S02-1

趣旨説明：鳥取砂丘における植生保全の歴史的経過

永松 大（鳥取大・地域）

海浜植生は草原の成立しにくい日本列島において，草本植生が維持されるユニークな生態基盤である。しかし開発や農地化などの人為改変や砂浜の侵食などにより海浜植生は各地で希少化してきている。このシンポジウムでは，海浜植生の生態的特徴と危機の現状について紹介し，砂丘植生の生態的な意義や保全の必要性について考えていく。まずはその端緒として，大規模な海浜植生が残る鳥取砂丘の歴史的経過，かかえる問題点について紹介する。

鳥取砂丘は広義には東西 16km，南北 2.4km に広がるとされるが，現在残っている砂丘地は，その一部約 150ha のみである。砂丘は現在，国の天然記念物に指定され，山陰海岸国立公園の特別保護地区として保護されて多くの観光客を受け入れている。しかし，全国各地の海岸砂丘と同様に，鳥取砂丘でも戦後，盛んにクロマツが植林され，一時は砂丘に全面的に植林する計画であった。その後，地域を代表する砂丘を失うのは惜しいとの声がだんだんと大きくなり，地元では緑化と保存を両立させる道を選び，今日に至っている。飛砂防止のため砂丘周囲には植林が続けられ，砂丘の「草原化」が進行したため 1970 年代と 80 年代の 2 度にわたり，砂防林の一部が伐採され，砂丘にもどされた。現在は砂丘景観を維持するため，除草作業が続けられている。除草は徐々に，市民によるボランティア活動に移行しつつある。今後は，単なる景観維持を越えて，植生保全管理のためのより科学的なデータの集積と，市民活動へのフィードバックを作り出すことが必要とされている。

S02-2

砂丘植生を取り巻く危機的状況とその要因

由良 浩（千葉県立中央博物館）

大正時代に砂丘植物を研究した吉井義次は、その論文（1916）に「我國ニテモ亦砂丘少ナシトセズ、・・・・至ル所ノ海岸ニ見ルヲ得ベシ」と書いている。当時日本には、砂丘地帯が数多くあったようである。事実、古い地形図をながめると、現在とは比較にならないほど砂丘や砂浜が広がっていたことが見て取れる。それらの砂丘や砂浜にどの程度植生があったか正確にはわからないが、砂丘植生も現在と比較するとかなりの広がりがあったものと推測される。

では、これらの砂丘地帯はどのようにして縮小したのであろうか。本州、四国、九州の 428 箇所の砂浜の奥行き（砂浜の汀線から内陸側の境界までの距離）の変化を、1952 年頃の地形図と 1993 年頃の地形図とを比較して約 40 年間の変化を調べた。その結果、確かに砂浜の平均的な奥行きは約 73%も 減少していた。ただし海からの浸食により狭まった例は少なく、ほとんどの場合、陸側から松林の造成や開発等により砂浜が狭められていることが認められた。

砂浜はさほど浸食されていないような結果になったが、むしろ護岸が進んだために浸食が止まっているとみたほうがいいようである。現在の日本では、堤防等がない砂浜のほうが珍しい。堅牢な堤防があまりに汀線近くに構築されると砂浜はほとんど消失する。堤防が汀線から離れた内陸側に構築されていても、砂浜の奥行きが狭いと、生育する植物は限られてしまう。

砂浜や砂丘そのものの減少の他にも砂丘植生に影響を与えている要因がある。車や人の侵入と踏みつけ、外来種の侵入、ゴミなどである。車が頻繁に通ると植生は消え、裸地化するだけでなく砂丘自体も破壊されてしまう場合がある。外来植物の侵入も日本中のいたるところの海岸で見られる。自然に侵入した種だけでなく、飛砂防止のために大量に植栽されたオオハマガヤのような外来種もある。

S02-3

海浜植物の分布傾向とレッドリスト記載状況

澤田 佳宏（兵庫県大・院・緑環境，淡路景観園芸学校）

日本における海岸植物の絶滅危惧の現状を俯瞰的に把握することを目的として，地域別の海岸植物リストを作成するとともに，海岸植物のレッドリストへの記載状況を整理した（澤田ほか 2008）．ここで海岸植物とは「海陸境界部に特有の立地を主な生育地とし，それ以外の立地にはほとんど生育しない在来の維管束植物」とした．地方植物誌等に示された分布情報を整理した結果，日本全体では 64 科 280 種が海岸植物としてリストアップされた．これらを主たるハビタットに基づいて区分したところ，「砂浜・砂丘・礫浜」に生育する“海浜植物”が 79 種，「塩湿地・マングローブ・汽水域」に生育する“塩湿地植物”が 61 種，「岩場・海崖・隆起珊瑚礁」に生育する“磯や崖の植物”が 84 種などとなった．環境省レッドリストへの記載状況を整理した結果，“塩湿地植物”の約 43%，“磯や崖の植物”の約 31%が何らかのカテゴリーで記載されているのに対し“海浜植物”では約 13%にとどまり，国レベルの空間スケールでは“海浜植物”の絶滅の危険性は，“塩湿地植物”や“磯や崖の植物”にくらべ，低く認識されていることが示された．一方，都道府県版レッドリストを用いて都道府県レベルでの絶滅数を整理したところ，“磯や崖の植物”の絶滅はごくわずかであるのに対し，“海浜植物”では“塩湿地植物”と並んで多数の絶滅が確認された．種ごとの分布傾向をみると，“磯や崖の植物”は比較的狭い地域に集中する希少種的な傾向があるのに対し，“海浜植物”はより広域に分布する傾向があった．このために，“海浜植物”の絶滅の危険性は全国スケールでは低く認識されているのかもしれない．しかし，海浜植物の地域間の遺伝的変異やメタ個体群構造がほとんど明らかになっていない現状では，都道府県レベルで海浜植物の絶滅が進行していることは注意すべき問題と考える．

S02-4

都市近郊の利用形態を中心とした海岸植生の危機の現状

松島 肇（北大・院・農）

国土の 4 分の 1 が海面下に位置するオランダでは、海岸線の保全が国土保全上重要な役割を担っているが、海岸植生に覆われた海岸砂丘が北海からの高潮を防ぐ重要な自然堤防として機能していることに着目し、古くから海岸砂丘の保全に取り組んできた。そこでは砂浜と背後の海岸砂丘を自然状態のまま一体的に保全し、海岸砂丘への立ち入りは厳しく制限されている。つまり、海岸砂丘の機能を生態系サービスと考え、その保全につとめてきた。しかし、日本では「海岸」とは通常、波の影響を受ける砂浜部分を指し、この部分が自然状態であれば自然海岸と見なされ、後背地（海岸陸域）の状態は全く考慮されない。特に第二次世界大戦後、集中的に行なわれた海岸林の整備やその後のリゾート開発により、いわゆる海岸草原はそのほとんどが失われてしまった。近年では北海道石狩海岸のようにオフロード車の乗入れによる海岸植生の破壊が顕著に見られる海岸もある。日本人の風景観に「自然海岸＝白砂青松（はくしゃせいしょう）」という刷り込みが強く存在し、砂浜にマツ林があれば自然海岸であるというある種の誤解が相対的に海岸砂丘や海岸植生の保全意義を低くしてきた。そもそも環境省の定義による海岸草原は植生自然度が最も高い 10 とされ、積極的に保全を図るべき自然環境であるはずである。残念ながら、現状の自然公園行政においても海岸草原の保全に対しては積極的ではなく、自然公園区域内の特別地域に置いても車両の乗入れによる植生破壊が見られる地域がある。生物多様性の重要性が認められている現在、砂浜から海岸砂丘を経て海岸林へと環境勾配に応じて変化する砂浜海岸の空間的多様性とその重要性を再度確認し、残された真の自然海岸の保全に向けた努力をすることが次世代に対する我々の責務であろう。

S02-5

海岸緑化の技術的手法について

吉崎 真司（東京都市大・環境情報）

我が国の沿岸部において防風や防砂を主目的とした森林（海岸林）が造成されるようになったのは戦国時代の1573年以後であり、主には江戸時代に入ってからである。江戸時代には、日本中の多くの場所で先人達が苦労を重ねながら地域独自の方法で海岸林を造成していった。田中（1992）は、我が国における海岸砂防の資料は太平洋側よりも日本海側で多いことを記し、その理由として日本海側のほうが砂丘地が多いこと、日本海沿岸は侵食海岸であり、砂丘の内陸への後退が住宅地や耕作地を保護するための砂防を必要としたと述べている。このように、我が国の沿岸部に見られる海岸林の多くは防風・防砂のために人為的に造成された人工林が多くを占めている。近年、我が国の海岸林の多くはマツザイセンチュウ病に感染し急激に衰退しているが、衰退後の海岸林の姿をどうするのかという点について、各地で検討が行われている。すなわち、①抵抗性マツの植栽によってマツの海岸林を復元する、②マツ枯れリスクを回避するために、広葉樹からなる海岸林を造成する、③マツ林を維持するものの、林内に広葉樹を植栽してマツ枯れリスクを回避する などが主な検討内容である。また、生物多様性の維持や海浜植物の保護という視点から、海岸林の汀線方向への拡大による海浜植生の生育地の減少も懸念されているところである。発表者は、海浜部の地形や植生などの成帯性を考慮した緑地の造成を考える時期に来ており、その視点から海岸林の有り様を検討する必要があると考えている。また、近年の地球温暖化に発する海水面上昇に伴う砂浜の減少や山地流域からの土砂生産量の減少がもたらす海岸侵食に対する緑化工学的対応が求められている。シンポジウムでは、海岸砂防及び緑化工学という視点から海岸緑化の技術的方法について現状と課題を整理し、今後の海岸緑化についての考えを述べたい。

S02-6

石狩浜における海浜植物保護の道のりと課題

有田 英之（石狩市石狩浜海浜植物保護センター）

札幌圏の水辺のオアシス石狩浜は、海水浴や釣りの場、また、地元では山菜ハマボウフウ生育の場として、持続的に利用されてきた。しかし、１９７０年代に入って、折からの山菜ブームに加えて、車の普及やアウトドアレジャーの多様化などにより、過剰なハマボウフウの採取や海浜植物が車に踏みつけられるなど、海浜利用の形態が以前とは大きく様変わりしてきた。

このような中、石狩浜の荒廃を危惧した石狩町（現石狩市）は、１９７８年に「石狩川河口海浜植物等保護地区」、１９９１年には「はまなすの丘」公園に指定し、石狩灯台から石狩川河口先端にかけた砂嘴区域の海浜植物保護に着手した。

一方、市民から保護要望のあった石狩湾新港までの約５ｋｍの石狩浜について、１９９２年、石狩浜海水浴場両側１ｋｍずつのエリアを石狩市が自主的に柵を設置し、車の進入を防止した。

石狩市では、２０００年、石狩浜の保全活動の拠点として「石狩浜海浜植物保護センター」を開設し、自然愛好者・団体、大学・試験研究機関、市が協働で、植生回復や海浜植物群落の保全を図るため、環境保全意識の啓発や調査活動、保護対策に取り組んできた。

さらに２００５年には、北海道が残る石狩浜の植生域に車進入防止柵を設置し、石狩浜海浜植生保護の態勢が整った。現在は、一部で植生回復が進む一方、自然回復不能なまでに植生や地形が消失したエリアもあり、マナーのないレジャー利用も後を絶たない。

今後、レジャーやレクリエーション利用のほか、砂丘海岸特有の多様な生物が生息・生育する場としての役割を担い、石狩市の文化・歴史・風土を育んできた石狩浜の望ましい姿の実現に向けた方向性を示していくことが課題である。

S03-1

Introduction

Takashi Noda (Hokkaido University)

S03-2

Plant-mediated indirect effects on insect communities

Masahiro Nakamura (Hokkaido University)

Indirect effects occur when the impact of one species on another requires the presence of a third species. On terrestrial ecosystems, indirect effects exist among herbivorous insects mediated by host plants. Herbivory by one species often induces morphological, phenological, and chemical changes in the host plant that, in turn, alter the availability of food resources for other species that feed at different times or on different parts of the plant. In this presentation, I mainly focused on the roles of leaf shelters and compensatory plant regrowth that act as mediators of plant-mediated indirect effects. I expected that such mediators would initiate positive effects on herbivore insects by enhancing the availability of habitat and/or food resources. These studies are individual approaches, which focused on processes and mechanisms acting on a relatively small subset of interactive species.

S03-3
The role of density dependence in community dynamics of coral assemblages

Jason E. Tanner (South Australian Research and Development Institute)

The role of population level processes in determining community dynamics is often ignored. For example, while the role of population density in determining population dynamics is well studied, there have been very few attempts to assess its role at the community level. In this talk, I will give a brief overview of a community-level model of a diverse coral assemblage, where I examined how interactions between species influenced community development. I then move on to an examination of population regulation in adjacent monospecific stands of a zoanthid, showing how density plays an important role in the dynamics of this single species. I will then focus on merging the community and population level approaches to examine how density-dependence influences the dynamics of the diverse coral assemblage. Taking this composite approach, I show that density is important for 38% of parameters in the community model, and in particular it plays a key role in colonisation. Density-dependence also played an important role in allowing high coral cover to develop. It is becoming apparent that density-dependence can play an important role in many communities, and thus it is time for an increased focus on how density-dependence, and other population level processes, influence communities.

S03-4
Effects of density-dependent competition varying with disturbance on stream invertebrate assemblages

Terutaka Mori (Aqua Restoration Research Center)

Variation in diversity-disturbance patterns has been observed for various taxa and has been explained by assumption that all can trade-off in their relative ability to compete and persist in patches and to colonize new patches. However, empirical studies have reported that species did not exhibit clear trade-off in traits assumed in those explanation. In this presentation, I will explain that variation in diversity-disturbance relationships between feeding guilds of stream invertebrates could be provided by both strength of density-dependent competition at the community-level and relative differences in the competition between dominant core taxa and rare satellite taxa: dominant core taxa, which were distributed in most study streams, did not show trade-off in traits, but rare satellite taxa, which were observed in only streams with low or high precipitation (i.e. low or high disturbance), did show trade-off in traits. When dominant core taxa have high community density, they may regulate the strength of density dependent competition in the study, leading to displacement of only rare satellite taxa.

S03-5
Effects of dispersal limitation, environmental filtering and interspecific competition on plant population and community

Masahiro Aiba (Hokkaido University)

Local plant communities are assembled through three major filters, i.e. dispersal limitation, environmental filterring and interspecific competition. I examined effects of these filters on community assembly of understory plants in a semi-boreal forest of Tomakomai. At first, I tested whether relative importance of dispersal limitation and environmental filterring as determinants of spatial population structure is different or not among species. Although moderate importance of both filters have been demonstrated in numerous community-scale studies, this would be a first population-level study, which detected a considerable interspecific difference in the importance of dispersal limitation. Furthermore, the interspecific differences were not predictable from the functional traits of species, including dispersal mode and seed mass. Secondly, I sought evidences of environmental filterring and interspecific competition by trait-based permutation tests. Patterns that suggest variable effects of environmental filters and interspecific competition depending on stand type were found for multiple functional traits. These results represent complicated roles of the three filters in assembly of the understory plant community.

S03-6
Linking population dynamics with species abundance patterns

Kei Tokita (Osaka University)

If we investigate the number and populations of species in an ecosystem, we can observe universal characteristic patterns, the species abundance patterns, such as species abundance distributions, species-area relationships, etc. How to clarify the mechanisms underlying those patterns has been one of the "unanswered questions in ecology in the last century (May, 1999)" even though the knowledge obtained from it would affect vast areas of ecology. Various "statistical descriptors" such as the exponential distribution, the log-normal distribution, the power-law, etc., have been applied to ecosystem communities, but the mechanisms to generate those patterns based on the realistic population dynamics have not been fully clarified. The neutral theory (Hubbell, 2001) is a candidate of the mechanism for an adherent community like tropical rain forests and coral reefs but it have left an essential question, why such a community appears neutral. It also have left the more complex systems a mystery. Such systems occur on multiple trophic levels and include various types of interspecies interactions, such as prey-predator relationships, mutualism, competition, etc., and their adaptation and evolution. In my talk, the latest physical theory to link the evolutionary population dynamics to the species abundance patterns is introduced.

S04-1

Role of parasites in biological invasions

Mark Torchin (Smithsonian Tropical Research Institute)

Biological invasions cause billions of dollars in economic damage each year and are a serious threat to native biodiversity. Introduced species often escape most of the parasite and pathogen species from their native range. While they can also bring parasites with them and accumulate novel parasites from their new location, this is generally only a fraction of the number lost. Introduced populations are also generally less frequently infected (prevalence - % individuals infected) compared to native conspecific populations. I discuss patterns of parasite release across a broad range of aquatic and terrestrial species and give some specific examples of how this may influence invasions in marine systems. In conjunction with other biological and physical factors, release from parasites can explain the increased demographic performance of invasive species, thereby accounting for much of the damage they cause.

S04-2

外来魚・外来寄生虫：今，水界で何が起きているのか？

長澤和也（広島大・生物圏）

日本で外来魚問題が問われて久しい．しかし，過去の議論の多くは，外来魚の捕食による在来種への影響などに集中し，外来魚とともに持ち込まれる病原体（ウイルス，細菌，寄生虫）とその影響に関する議論は余り活発ではなかったように思われる．その背景には，魚類病原体の研究は主に魚病学の分野で行われてきたために，生態学的な視点が欠如していたことが大きい．とは言え，近年，外来魚と外来寄生虫に関する知見が少しずつ集積され，時には深刻な，興味深い事実が明らかになってきた．本講演では，わが国における外来魚と外来寄生虫をめぐる近年の研究例を紹介するとともに，演者らのグループによる淡水域での研究成果を報告する．

まず，どのような外来寄生虫が外国から日本に持ち込まれ，どのような問題を起こしているかを総括する．ここでは特に，主に東京大学の研究グループによって明らかにされた，北米起源の単生類 *Neoheterobothrium hirame* が日本沿岸の重要な漁獲対象種であるヒラメ *Paralichthys olivaceus* 資源に及ぼしている影響を紹介する．

次に，わが国の淡水域において大きな個体群を維持するようになった外来魚，ブルーギル *Lepomis macrochirus* とブラックバス（オオクチバス）*Micropterus salmoides* が，宿主として在来寄生虫の個体群維持にどのような役割を果たしているかを述べる．また近年，沖縄島では多くの外来淡水魚が繁殖・定着しているが，それら外来魚が在来寄生虫によってどのように宿主利用されているかを報告する．

最後に，わが国における外来魚の寄生虫研究がいかに進んでいないかを述べるとともに，今，水面下で起きている外来魚と外来寄生虫，在来生物との関係解明に関する研究の必要性を訴えたい．

S04-3

生態系の中の寄生者：渓畔生態系においてハリガネムシ類が駆動するエネルギー流

佐藤拓哉（京都大・フィールド研）

寄生者は自然界に普遍的に存在し、全生物種の半数以上を占めるとも言われている。このため、寄生関係の起源や進化過程、さらには寄生者の生態系における役割の解明は、生態学の主要な研究課題と言える。例えば、寄生者－宿主の共進化過程でみられる宿主の行動改変は、両者の相互作用に留まらず、宿主と他種との相互作用の改変を通して、群集の構造・動態、さらには生態系機能にも影響する可能性がある。しかしながら、その野外実証例はほとんどない。

演者らは、成熟したハリガネムシ類（類線形虫類）に寄生・行動操作されたカマドウマ・キリギリス類が、晩夏から秋にかけて山地河川に大量に飛び込み、河川の高次捕食者であるサケ科魚類の重要な餌資源となることを発見した。ハリガネムシ類が駆動するこのエネルギー補償は、少なくとも日本各地の山地河川に普遍的に生じており、イワナ個体群の年間の総摂取エネルギー量のおよそ60%を占めている場合もあった。

上記の観察結果をもとに、演者らは、河川に供給される陸生昆虫類をハリガネムシ類の宿主と非宿主に分けて、それぞれの供給量を操作する大規模野外実験を実施した。その結果、宿主の供給量の抑制が、魚類のみならず、魚類のトップダウン効果の改変を通して、河川の生物群集や生態系機能にも影響することが明らかになった。また、現在進行中の広域調査において、ハリガネムシ類の季節的消長に地理的変異が認められた。このことは、寄生者が駆動するエネルギー補償にも地理的変異が認められることを意味し、その要因や生態学的意義の解明にむけた研究展開を予感させる。本講演では、これらの実証研究を紹介しながら、生態系において寄生者が駆動するエネルギー流の役割について議論を深めたい。

S04-4

Predation intensity by birds affects parasite prevalence in intertidal crabs

* 古賀庸憲（和歌山大･教育），沖彩矢香（和歌山大･教育），熊谷直喜（水産工学研究所）

干潟に棲息するカニ類の中には、吸虫を終宿主の鳥類に運ぶ中間宿主になっているものが少なくない。和歌川河口干潟では、カニの種や採集地点によって、吸虫の感染の程度に変異が見られた。幾つかの要因がこの変異を生み出している可能性があるが、その中で最も重要なものは鳥による捕食の程度だと考えられる。本調査地ではチュウシャクシギがカニ類の主な捕食者であり、カキ礁でケフサイソガニを頻繁に捕食しているが、砂泥質地ではヤマトオサガニ類、オサガニ、コメツキガニなどもよく食べている。ケフサイソガニ1個体当たりの平均感染吸虫数は、捕食圧の異なるカキ礁間であっても、有意な違いは検出されなかった。それに対し、ヤマトオサガニ類では、カキ礁にいる個体よりも泥質地にいる個体の方が、平均感染吸虫数が多かった。本講演さらに解析を進めて発表する予定である。捕食の程度が、おそらく吸虫の適応度を介して、カニの種や場所間における感染吸虫数の変異を決めていることを示したい。

S04-5

琵琶湖固有カワニナ類の遺伝的分化と吸虫感染耐性

浦部美佐子（滋賀県立大・環境）

カワニナ類は琵琶湖内で唯一の species flock を形成している。琵琶湖固有種（ビワカワニナ亜属）は、形態や核型の顕著な多様性などの特徴を共有しており，共通祖先から分化した可能性が高いが、系統についての研究成果は数件の学会報告にとどまっている．mtDNA は形態種とは関係なく非常に多様化しており，系統解析には使用できない（吾妻ほか、2003)。核 DNA やアイソザイムの解析結果からは，ビワカワニナ亜属はハベカワニナ種群とタテヒダカワニナ種群とに分かれることが複数の研究者によって学会報告されている（野本・上島 2001、Kamiya & Shimamoto, 2008)。この２つの群の単系統性や、非固有種（カワニナ亜属）との関連性はまだ判明していない．さらに、rDNA の ITS-1 領域の解析結果では，ビワカワニナ亜属・カワニナ亜属ともに、過去に頻繁に二次交雑を起したとみられ，このことが系統解析を更に困難にしている。

カワニナ類に広く感染する吸虫の一種 *Genarchopsis goppo* には、琵琶湖水系に少なくとも２つの隠蔽種（琵琶湖型と河川型）が分布する．ハベカワニナ種群は琵琶湖型に高い感受性を持つが，河川型に対しては抵抗性がある．タテヒダカワニナ種群はどちらの型にも中程度の感受性を持つ．どちらの種群も，*G. goppo* に対する感受性に地域差はほとんど存在しない．カワニナ亜属は琵琶湖型には耐性を持つが，河川型に対する耐性は個体群によって異なる．これらを総合すると，ビワカワニナ亜属は、形態や核型では多様であるものの、*G. goppo* への感染耐性は亜属内ではほとんど分化していないが、カワニナ亜属はその逆であると考えられ、寄生虫への抵抗性の進化が亜属間で異なる可能性を示している．また、現在までのところ、二次交雑と感染耐性の関連性の有無は把握できておらず，今後の研究課題である．

S04-6

パナマ地峡の形成による潮間帯巻貝と寄生虫の多様化

三浦収（京都大・地球環境）

中米地域は海洋生物の多様性の宝庫である。この生物多様性を作り出す原動力の一つとなったのが、約三百万年前に出現したパナマ地峡である。太古の昔、太平洋と大西洋はパナマ周辺で繋がっており、海の生物は二つの海洋を自由に往来していた。ところが、パナマ地峡の形成により二つの海洋は分断され、そこに生息する生物は長い月日を経てやがて姉妹種へと変貌を遂げた。中米の西岸と東岸にはこのような姉妹種が数多く生息し、海洋生物の多様化機構の解明を目指す研究者を魅了し続けてきた。私は、パナマ地峡の形成により種分化した巻貝 *Cerithidea californica*（太平洋）と *C. pliculosa*（大西洋）に寄生する二生吸虫を研究対象として、海洋の分断や姉妹種の形成が寄生虫の多様化にどのような影響を与えたのかを調査した。これら 2 種の巻貝に寄生している 18 種すべての二生吸虫を採集して分子系統樹を基に多様化の履歴を復元した。その結果、驚くべきことに 18 種と考えられていた二生吸虫は 70 以上もの隠蔽種を含んでいる可能性が示唆された。また、これらの寄生虫の約 15％は宿主と同様に太平洋と大西洋に姉妹種を形成していたことが明らかとなった。これとは対照的に、約 35％の寄生虫は中米陸橋をまたいで *C. californica* と *C. pliculosa* の両方の宿主に感染していた。このことは、パナマ地峡による海洋の分断やそれに伴う宿主の種分化は一部の寄生虫の拡散や感染の妨げにはならないことを示している。それぞれの寄生虫の生活史や宿主特異性そして拡散能力を考慮することで、どうして分布や多様化のパターンに違いが生じたのかを議論したい。

S05-1

子の捕食リスクにもとづく親の意思決定

平山寛之（九大・理・生態）

動物は様々な生物的、非生物的環境の変化に応じて意思決定を行い、行動を変化させる。捕食者に対する回避行動はその最も良い例の１つである。数多くの研究から動物が自身の捕食を免れるため、捕食者の存在や過去の遭遇経験をもとに捕食回避行動の意思決定を行うことが明らかになっている。一方で、捕食は自身に対してだけでなく、子（卵）に対しても起こり、親が子の捕食に対して捕食回避行動をとることも多い。最も想起しやすいのは子を養育中の親が捕食者を撃退することなど、子の世話を行う動物が行うものであろう。しかし、産後に全く子の世話を行わない動物でも卵が捕食を受けにくい場所で産むことで子の捕食を回避することができる。講演ではアメンボが水中の深い位置という卵が捕食を受けにくい場所で産卵するという回避行動とその決定にかかわる要因を紹介する。アメンボは卵を水草などに産み付け、その後は卵の世話やガードを行うことはない。卵は寄生蜂による捕食（捕食寄生）を受けるため、親が卵を産み付けた場所がその卵の生存率に強く影響する。寄生蜂は通常陸上で生活しているが、水中での活動が可能で水面下の卵にも寄生することができる。アメンボはこの寄生蜂に対し、潜水し、水中の深い位置に卵を産みつけることで卵の生存率を高めている。しかし、深い位置での産卵にはエネルギー消費、捕食や溺死のリスク、水圧による孵化率の低下などのコストが存在する。そのため、アメンボは卵寄生リスクに応じて柔軟に産卵深度を変化させることが適応的である。講演では、産卵前に遭遇した寄生蜂の密度に応じて産卵深度を変化させること、同一個体が同じ寄生蜂密度を産卵前に経験しても産卵ごとにその深度を変化させること、といったアメンボの産卵深度の決定にかかわる研究例を紹介する。これらから動物の意思決定がいかに柔軟で複雑かを紹介するとともに、今後この研究分野で必要とされる視点について議論する。

S05-2

歌鳥の繁殖成功に関わる意思決定：求愛・配偶者選択・産卵

相馬雅代（北大・理・生物）

鳥類の生活史において，つがい形成から産卵・育雛にいたる各段階は，繁殖成功の収支を左右するさまざまな行動を含んでいる．とりわけ歌鳥（スズメ目鳴禽類）の繁殖に関わる行動は，そのおかれた環境条件のみならず，過去の発達期の経験によっても影響されることが顕著である．すなわち，歌鳥オスの求愛歌は発声学習によって獲得されるものであり，発達期に接した成鳥の音声に基づき社会学習を通じて形成される．他方メスの配偶者選択は，求愛歌の単なる“巧緻”のみならず，発達期の聴覚記憶の影響を受ける．このような性的刷り込みが介在するために，メスは近親個体の特徴や地域個体群の方言など，馴染みのある歌に対して選好を示す傾向がある．つまり，オスメスどちらにとっても，発達期に聴く成鳥オスの歌は，重要な情報源となっているといえるだろう．それでは，この「情報」を自身の繁殖成功へ結びつけるために，各個体はどのように利用しているのだろうか？　たとえばオスは，どのようにモデル（歌の手本）の音特性を取捨選択し，自己歌を完成させているのだろうか？　他方メスの配偶者選択は，どのような個体のうたっていた歌を参照になされるのだろうか？　オスの歌学習およびメスの性的刷り込みどちらに関しても，社会交渉の頻度や親子関係の寄与が大きく，父親の歌行動が重要な情報源であることがこれまで指摘されている．しかし，歌が「下手な」オスの息子は父親の歌を真似ても高い繁殖成功はのぞめないだろうし，メスは，父親の歌行動だけを参照にしていては，近親交配のリスクを高めることになる．さらにここで重要となるのは，このような歌学習と歌に対する選り好みとの相互作用の帰結として，歌鳥の歌形質は進化してきたということである．本発表では，ジュウシマツに関する研究を中心に紹介しながら，求愛する側とされる側の意思決定がどのように歌の進化とむすびついているか議論したい．

S05-3

競争と経済的意思決定：ただし、ヒヨコの場合

松島俊也（北大・理）

有限の餌資源を複数個体が採餌する時、競争が発生する。競争下では自ら労働投資して餌を得る生産者 producers と、他者が見つけた餌を横取りする寄生者 scroungers の二つの戦術がありうる。二つの戦術を利潤率に対応して頻度依存的に採用することが有効である、と社会採餌の生態学は示唆する。現実の動物はどのように振る舞うだろうか。我々は家畜化されたニワトリの、それも雛を用いて一連の実験心理学的解析を進めてきた。雛は直近の利潤率に対応して意思決定を行うこと、利潤率（餌のエネルギー利得 e を処理時間の総和 h で割った商、e/h）の正確な予期を行う能力を備えていることなど、一連の知見を得た。ここではさらに競争下の意思決定に踏み込んだ研究を紹介する。

利潤率が同じでも「すぐに得られる小さい餌」（SS）と「待って得られる大きな餌」（LL）とがある。ヒトの理解を規範とする心理学では、SS ＞ LL の選好性を衝動的選択と呼び、非合理的＝非適応的な行為特性とみなしてきた。（ADHD などいくつかの問題行動は、亢進した選択衝動性を特徴とする。）しかし、生態学の枠組みから見れば、衝動的選択はごくごく適応的なものである。producers は scroungers より常に餌に近く位置するから、scroungers を背後に持つ採餌者は SS により高い効用を与えるべきである。実際、競争は衝動性を高めた。まったく同じ理由で scroungers はより近い producers を襲うべきである。実際,競争は採餌者の運動を同期させ、移動運動および消費に費やす投資量を高めた。このように衝動性や社会的促通は、いずれも盗み寄生（scramble kleptoparasitism）の文脈で統一的に理解できる。この講演ではさらに、意思決定に関する神経科学上の諸問題を生態学を通じて理解するために、何が有効であるか、議論したい。

S05-4

敗北経験と意思決定

岡田賢祐（岡大・環境）

動物は餌や配偶相手などの限られた資源をめぐり争う。一般に、この戦いの勝敗は個体のサイズやその資源に先に居た効果（先住者効果）などに左右される。加えて、個体はその生涯でいくつかの戦いを経験し、その闘争経験が次の戦いに影響することがある。古くから、勝利を経験した個体は次の戦いの勝率が上がり、敗北した場合はその逆になることが、多くの分類群で報告されている。近年、この現象について二つの仮説が提案された（ただし、両者は排他的ではない）：1 つは、個体が闘争経験を基に自身の行動を変える（self-assessment hypothesis）；もう一方は、匂いなどの手がかりから、個体が対戦相手の闘争経験を判断し、行動を変える（social-cue hypothesis）。具体例を挙げると、前者は記憶や学習による行動の修飾であり、後者は対戦相手の過去の闘争による外傷や出血によって、個体が行動を変えることである。いずれにしても、闘争経験は個体の意思決定に重要な役割を持つ。ここでは、オオツノコクヌストモドキのオスを例として、闘争経験がどのようにオスの闘争行動や交尾行動の意思決定に影響するかを報告する。本種のオスはメスを巡り争う。勝利経験は次の対戦の勝率に影響を及ぼさないが、敗北経験から 4 日間、オスの勝率は 0%近くまで下がることが分かっている。本研究では、最初に勝利経験と敗北経験がどのようにオスの行動に影響を及ぼすのか、さらになぜ敗北経験による行動の修飾時間が 4 日間なのかを調べた。得られた結果から、闘争経験がオスの行動の意思決定にどのような役割を持つかを議論する。

S06-1

野生生物の再導入と自然再生

西川 潮（新潟大・超域）

野生生物の再導入は、鳥類や哺乳類の野生絶滅種もしくは絶滅危惧種を対象として、海外を中心として実施されてきた。例えば、ニュージーランドでは、1998 年までの間に 50 種以上もの鳥類が再導入されている（※）。一方、わが国では、国主体の再導入事業は、いずれも野生絶滅した鳥類を対象としており、2005 年にはじめてコウノトリが豊岡市に、そして 2008 年にはじめてトキが佐渡市に再導入されている。海外における野生生物の再導入は、主に、欠損した生態系の構成メンバーを補填することを目的としているため、野生復帰の実現性の高い無人島や原生林への絶滅種の復元そのものが中心となっている。それに対し、日本で実施されている再導入事業は、古くから生活に密接な存在である里地・里山が舞台となっているため、「生態系の復元」と「生態系と地域社会の繋がりの再構築」の双方が重要となる。

本発表では、国内外における野生生物の再導入や自然再生の動向を紹介し、日本流の自然再生手法の確立に向けた情報提供および問題提起を行う。

※ McHalick, O. (1998) Translocation database summary. http://www.doc.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/TSOP14.pdf

S06-2

コウノトリの存続可能な野生個体群の確立に向けて

大迫 義人（兵庫県立大・自然・環境科学研）

S06-3

コウノトリを象徴種とした農地の再生

内藤 和明（兵庫県立大・自然・環境科学研）

2005年からコウノトリが再導入されている豊岡盆地では，水田が低地の広い面積を占め，主要な土地利用となっている．野生個体群が絶滅する前にはコウノトリが水田で採餌する様子が頻繁に観察されていた．再導入にあたっても圃場および水路などからなる水田生態系には，コウノトリの重要な採餌場所としての機能が期待された．このような背景から，減・無農薬，冬期湛水，小規模水田魚道の設置などの要素技術からなり，2003年に体系化の取り組みが始まったコウノトリ育む農法が，2010年には約220haで実施されているのをはじめ，環境保全型稲作が各所で実施されている．

2006年9月に放鳥された7個体を同年12月まで追跡調査した結果を用いて，採餌場所と環境保全型稲作との関係を解析した．その結果，水田での採餌に関しては環境保全型稲作を行っている圃場に近い場所ほど高い頻度で採餌に利用していることが明らかになった．放鳥から数ヶ月経過すると，飼育個体に与えられるものなど人為的な餌に依存する個体が増加したが，人為的な餌に依存しなかった1個体は冬期には水田地帯の排水路で採餌する時間が長かった．この個体は翌年6月には再び水田での採餌時間が増加し，年間を通じて主に水田生態系を利用して生息可能なことが示唆された．また，2007年に始まった放鳥個体による野外での繁殖の多くは水田地帯に設置された人工巣塔の上で行われ，親個体は巣塔周辺の水田をよく利用していた．

S06-4

トキの野生復帰の現状

永田 尚志（新潟大・超域）

トキの野生復帰の試みは、2008年9月25日に佐渡島で10羽（♂5，♀5）をハードリリース法で放鳥することで始まった。2009年秋には、仮設放鳥ケージの入り口を開放するソフトリリース法で19羽（♂8、♀11）が、2010年11月には順化ケージから13羽（♂8，♀5）が放鳥された。コウノトリでは給餌が行われているが、トキの野生復帰では放鳥した個体への給餌は一切、行なわれていない。放鳥されたトキは、主に水田、および、その周辺の環境で採餌し、ドジョウ、ミミズ、カエル、昆虫類を食べていた。放鳥後1年間の生残率は、1次放鳥個体で7羽、2次放鳥で13羽と約70%弱であった。

放鳥されたトキのうち、1次放鳥では6個体（♂5♀1）に、2次放鳥では9個体（♂1♀8）ににGPS衛星発信器が装着されていて、1次放鳥も5個体と2次放鳥の6個体から3時間ごとの位置情報が得られている。1次放鳥と2次放鳥において佐渡島内における放鳥直後の個体の移動パターンには差が認められ、1次放鳥個体は放鳥直後（1ヶ月以内）に佐渡島内で大きく分散したのに対して、2次放鳥個体の大多数は放鳥場所の近くに留まり、すぐに群れを形成し、繁殖期の始まる3月に移動を開始した。Nested ANOVAにより1次放鳥個体と2次放鳥個体の移動パターンの違いは、性差と放鳥方法の違いによるところが大きいと考えられた。放鳥1年目にはすべての雌が島外に分散したためつがいが形成されなかったが、2年目に、島に定着していた1次放鳥雄と2次放鳥雌によるつがいが形成され、合計5つがいが産卵したが、繁殖は成功していない。シンポジウムでは、コウノトリと比較しながら、2011年春先の状況も踏まえて、トキの野生復帰の現状について考察していく予定である。

S06-5

トキを象徴種とした農地の再生

関島 恒夫（新潟大院・自然科学）

2008年9月25日、新潟県佐渡島において、わが国で一度野生絶滅したトキが定着に向けて再度放鳥された。再導入されたトキは、環境省が期待した小佐渡東部地域には定着せず、佐渡島内を広域に分散した。われわれは上記のような事態を予め想定し、放鳥以前から佐渡島全域を視野に入れた自然再生の重要性を唱え、餌生物量およびトキの生態特性に基づく自然再生シナリオの立案を目指してきた。具体的な作業手順としては、佐渡島における自然基盤情報と社会基盤情報を広域に集積・統合したGISデータベースを構築した上で、それを利用した景観解析と生物量調査に基づき、トキの主要な餌生物である両生類、ドジョウ、バッタ類などの全島的餌資源マップと中国産トキの営巣適地情報から推定した好適営巣地マップを作成・統合することで、景観スケールにおいて自然再生を効果的に進めるべき再生重点候補地を抽出した。次に、抽出された再生重点候補地に対し、有効性を検証したさまざまな農地・河川・森林再生技術を、立地環境あるいは集落状況に応じて選択的に導入することにより、景観スケールから局所スケールに配慮した具体的な再生シナリオを提示した。われわれは、立案した自然再生シナリオが速やかに実現される体制を整備するため、これまで農地・河川に関わる行政連携体制の強化を図ってきた。本講演では、特に農地を例に、再生手続きの概要および、再生を推進する上で鍵となる幾つかの取り組み事例を紹介する。

S06-6

豊岡市と佐渡市における環境関連政策

南 眞二（新潟大・法）

野生復帰を目指す豊岡市（コウノトリ）と佐渡市（トキ）の環境関連政策を比較・検討し、両者の類似点、相違点を制度面から検証することにより、自治体における今後の野生復帰・野生生物保護政策の方向性を探る（構成は下記のとおり）

1．野生復帰への取組

　コウノトリ、トキー共にコウノトリ目に属する鳥

　明治時代以後の乱獲や生息環境の悪化による餌場の喪失で絶滅に向かう

　豊岡市のコウノトリ野生復帰の取組が先行

2．条例の制定等

　豊岡市環境基本条例（前文）ーコウノトリの野生復帰をシンボルとしてすばらしい環境を広げ、将来の世代につないでいく

　佐渡市環境基本条例（前文）ー人とトキが共に生きる島つくり

3．環境関連政策

　豊岡市ー環境経済戦略

　佐渡市ー環境の島・エコアイランド構想（生物多様性と低炭素社会の実現が2本柱）

4．環境創造（配慮）型農業の推進

　豊岡市ーコウノトリ育む農法

　佐渡市ー生きものを育む農法

S07-1

琵琶湖の農業濁水問題をときほぐす一文理連携による流域診断

谷内茂雄（京大・生態研）

琵琶湖は世界有数の古代湖であり、生物多様性の豊かさでも知られています。一方で、琵琶湖流域は古代から人間活動によって大きな改変を受けてきた流域でもあります。琵琶湖では、まわりに広がる水田稲作地帯から、しろかき作業時の泥を含んだ農業排水が流入する「農業濁水問題」が 1980 年代に顕在化しました。農業濁水は面源負荷のひとつであり、点源負荷の対策で効果的な法的規制や下水処理だけでは解決が難しく、流域を単位とした流域管理が不可欠となります。しかし流域管理を行う上では、流域の多様な利害関係者間の問題意識の違いが、さまざまな対立の原因となります。実際、琵琶湖から農村に目を転じると、そこでは農家の高齢化･後継者不足、農業や農村の将来への不安が地域社会の差し迫った問題となっています。つまり、琵琶湖の環境を保全する上では、注意深い水管理によって農業濁水を削減する必要があるのですが、地域の農村では営農上の深刻な課題を抱え、それが濁水を削減する上で大きな制約となっているという現実があるのです。

総合地球環境学研究所のプロジェクト（「琵琶湖－淀川水系における流域管理モデルの構築」）では、（１）理工学的な環境診断（安定同位体手法など）と社会科学的な調査（聞き取り・アンケートなど）の連携によって、農業濁水問題の琵琶湖流域への影響だけでなく、問題の至近的および歴史的な駆動要因の連鎖を明らかにしました。その上で、（２）農村におけるワークショップ手法の開発を通じて環境配慮行動の解明に取り組みました。特に、どのような情報が水管理に対する農家の意識を高めるかを調査した結果、琵琶湖への影響に関する科学的な情報とともに、住民が関心を寄せる地域固有の問題の大切さがわかりました。濁水の影響への科学的理解を促すだけでなく、地域社会が抱える農業経営や農村の将来といった地域の抱える問題との接点をつくる対話が必要なのです。

S07-2

宍道湖・中海における自然再生の現状と課題

國井秀伸（島根大・汽水域研究センター）

S07-3

地域社会とのかかわりを繋ぐ湖沼の自然再生－釧路湿原湖沼と霞ヶ浦を例に

高村典子（国立環境研究所）

湖沼生態系は，窒素・リンという生物資源のボトムアップ効果を受けると同時に，上位捕食者のトップダウン効果を受ける．前者は，主として流域の人間活動による窒素とリンの負荷という，いわば，湖沼生態系が「開放系」であることを強く意識させる特徴である．後者は，主としてヒメマス，ワカサギなど，重要な漁業資源であるプランクトン食魚の摂餌生態を通じて働く，湖沼生態系の「閉鎖系」としての特徴である．これらの特徴は，湖沼生態系を制御する要因が，上流域と湖という異なる空間スケールで生起することを意味しており，社会では，流域の農業者と湖の漁業者との対立となって現れる．

さらに，湖沼生態系は，リンと鉄との化学反応特性や水生植物の生態機能（栄養塩の吸収と蓄積，底泥の安定化など）を反映して，履歴効果を有し，生態系の変化が突然あらわれ，また，原因を取り除いてもその回復が表れにくい系でもある．そのため，回復のための時間スケールを予測する科学が必要である．私たちの思考や価値判断は，どうしても人間の一生という時間スケールで考えるが，湖沼生態系の保全・管理・再生には，常に時空間スケールを考察し，それに配慮し克服していくような手法や制度設計が求められる．

現在の湖沼生態系サービスには，直接，貨幣価値に換算できる供給サービスとして，水資源と漁業資源（これらは，水利権と漁業権という制度下にある.）があり，これらは，トレードオフの関係にある．水を利用する側と漁業を営む側が望む湖沼生態系の姿は異なるため，ここでもコンフリクトが生じることになる．

このように湖沼生態系は，人間社会に様々な対立を生む自然科学的な特徴を内包しており，その再生は困難を極める．そうした点をどのように突破していくのかについては，１）共通の別の関心事をもつことや，２）第３の価値の重みを強化し，第３のステークホルダーを育てる，などがある．

S07-4

福井県三方湖の自然再生を支援する総合的環境研究

吉田丈人（東京大・総合文化）

自然共生型社会の実現は重要な社会目標であり、自然再生は、劣化した自然を再生することはもとより、人と自然との新たな共生関係を地域に築くためのアプローチとして期待される。私達は、湖沼とその周辺環境を含む水辺生態系の自然再生に寄与する総合的な環境研究を、福井県三方湖とその周辺流域を対象にして実施してきた。

三方湖は、ラムサール条約登録湿地三方五湖の最上流に位置する淡水の湖である。天然ウナギや希少なコイ科魚類を含む多様な魚類相は、三方五湖の生物多様性を特徴づけている。しかし近年、魚類をはじめとした水辺生態系の生物多様性が顕著に低下しつつあり、富栄養化などの水環境の劣化、および水田圃場整備や河川整備による湖と用水路や水田の間の水系連結の分断化が、主要な要因として考えられている。

自然再生の具体的な計画立案をささえる科学的情報を整備するため、私達は、生息環境や水系連結の総合的かつ詳細な評価を行っている。これまでの研究で、浮葉植物のヒシが富栄養条件で大規模に繁茂し、それが湖内の水質・生物相・物質循環に大きく影響することを明らかにした。また､水系連結を取り戻すための再生技術として、水田魚道を用いた順応的管理を実験的に実施し、一定の効果が見込めることがわかった。さらに、水辺生態系と地域住民との関係を社会科学的に調査した結果、人と自然のかかわりには多様なあり方・価値観が存在することや、近年そのかかわりが弱化しつつあることが示唆された。弱化しつつあるかかわりを取り戻しつつ、地域が独自に生態系や生物多様性をモニタリングできる仕組みとして、協働参加型調査を実施してきた。これらの研究や取組みの結果、地域の多様な主体の参加をえて、自然再生協議会を設立するよう準備が現在進んでいる。

S07-5

サロベツ湿原における湿原生態系解明研究の成果と自然再生

冨士田裕子（北大・FSC・植物園）

北海道北部のサロベツ湿原は、昭和30年代からの国家プロジェクトにより､面積約15,000haの6割弱が主に農地として開発された（環境省　2009)。残存する湿原は大部分が国立公園に指定されているが、開発の影響で湿原本来の健全性が損なわれ、高層湿原や中間湿原植生内へのササの侵入や、排水の影響による湿原植生の退行が顕在化している。このため、平成17年1月に発足した自然再生協議会で湿原再生にむけて議論が進められ、いくつかの事業が実施されている。

自然再生全体構想、自然再生事業実施計画書の作成には、昭和30年代からの大規模開発開始時の総合調査にはじまり現代に至る、約50年間にわたって蓄積されてきた知見・研究成果が利活用された。自然再生全体構想では、湿原とその周辺地域の時空間変化を検討し、湿原域の4つの課題（湿原の乾燥化、ペンケ沼への土砂流入と河川水質汚濁、泥炭採取跡地の再生、砂丘林内湖沼群の水位低下）と、地域社会の課題として湿原と共生する農業の振興、自然・観光資源の有効活用が挙げられている。

このような自然再生の目標設定や再生・管理技術、モニタリング手法の検討・提案のためには、生態系の現状、長期的な環境や生物相の変化とその関係の理解、生態系変化のプロセスとメカニズムの解明といった科学的知見が不可欠である。さらにそれらをもとに、人為的影響の程度の評価、今後の変化予測が必須となる。我々は2006年より様々な研究分野の専門家から成るプロジェクトチームを結成し、サロベツ湿原とその周辺地域をつなぐ河川と地下水からなる生態系を研究対象とし、上記の未解明の課題に様々な手法で取り組んできた。

本報告では、サロベツ湿原を例に、自然環境の保全・再生に不可欠な調査研究成果の重要性とその役割について考察する。

S08-1

趣旨説明

湯本貴和（地球研）

日本列島は，他の「先進国」に比べ高い森林率や高い生物多様性を保持している。稠密な人口を擁するにもかかわらず，なぜ日本列島の生物多様性は失われなかったのか？最近の「里山」イメージをはじめとして、縄文時代や江戸時代に「自然と人間の共生」の理想を求める言説は多い。この企画では、1）日本列島の生物多様性が高かった要因を主に地理的，気候的，地史的側面からの仮説を示し，2）列島各地の歴史から見出した生物資源利用とその管理の成功／失敗事例を紹介し，3）列島の生物多様性が維持された要因を整理した上で，4）今後の「自然と人間の関係」をどうしていくのかを展望したい。

2010年の生物多様性条約締結国会議COP10の名古屋議定書の内容にも、先住民が生物資源を認識し、持続的な利用を行っていたことから生じる権利が改めて強調されている。このように世界の流れは、生物多様性のみを保全するのではなく，人間との関係性も含めて保全していくという方向に動きつつある。生態学と同じ「関係性」の学問である歴史学の視点に触れ，生物多様性と分かちがたく結びついている文化多様性について考えたい。

S08-2

気候変動と人間活動からみた日本列島の植生変化

高原光（京都府大・生命環境）

第四紀には，それ以前の新第三紀の温暖な時代とは異なり，大陸氷床が拡大する寒冷な氷期とそれが縮小する温暖な間氷期を約10万年の周期で繰り返すようになった。この氷期・間氷期変動において，特に，氷期には厳しい寒冷気候が支配し，海水準低下による大陸との陸橋形成が起こった。このような寒冷化に伴い，新第三紀の温暖な気候下に生育していた植物が，第四紀にかけての4つの時期に段階的に絶滅し，170万年前頃には，ヒメバラモミ，チョウセンゴヨウなどの冷温帯，亜寒帯性植物の種類が増加，50万年前には，現在の日本列島の森林の主要構成種がすべて出そろった（百原，2010)。氷床の拡大が起こったヨーロッパと異なり，東アジアでは，植物の移動が可能であり，特に大陸と陸続きとなった日本列島では，北方系植物群の南下が起こり，さらに，沿岸域は海洋性気候により，氷期でも湿潤さが保たれ比較的穏和であったため，暖温帯性植物の逃避地として機能していたと考えられる。現在に最も近い約2万年前の最終氷期最盛期（LGM）の植生配置は，日本列島の現植生の成立過程を議論する上で欠かせない情報である。これまで那須（1980）や Tsukada（1984, 1985）等によりLGM植生図が発表されてきたが，総合地球環境学研究所「列島プロジェクト」古生態・生物地理の研究グループは，近年集積されてきた植物分布についての直接的な花粉化石や植物遺体データ，さらに，主要な樹種の遺伝的多様性に関してのDNAの分子情報に基づいて，LGMの植生について検討してきた。その結果，LGMにおいても，現在分布している植物は，大きく南北に移動したのではなく，各地域で小規模な集団として分布していたと考えられた。後氷期については，火事が植生形成に大きく関連していた。このようなLGMの植生と後氷期における植生形成過程について報告する。

S08-3

野生動物と狩猟の歴史

梶光一（東京農工大・農）

日本列島の哺乳類相は、南北3000キロにわたる亜寒帯から亜熱帯の多様な気候帯や高山帯を有すること、大陸との接続や分離などの繰り返しなどを背景に多様性が高い。ブナ科堅果は高い生産性をもち、多くの野生動物を支えてきた。弥生時代になって本格的な水田稲作農業が始まると野生動物は食糧資源であるとともに農業被害をもたらす二面性を持つことになった。新田開発が盛んに行われた江戸時代には、シカ・イノシシの獣害が激化し、全国の農村のいたるところに「しし垣」が作られたほか、火縄銃は農具として獣害防止に用いられた、組織的で大規模な駆除も実施された。江戸時代に広域にみられたが現在絶滅したものにオオカミ、カワウソなどがあげられる。また、ニホンザル、クマ、キツネ、イノシシ、カモシカなどが地域的に絶滅した。18世紀後半から19世紀にかけて、オオカミは牧場で馬を殺し、あるいは狂犬病に罹り危険な動物となり、その対抗措置としてオオカミ狩りが行なわれた。江戸時代、里地は農民が農業生産物を獣害から守るために野生動物との攻防をくり返す最前線であった。明治期から大正期にかけては、村田銃の一般への普及や軍需用毛皮の需要が世界的に高まったことから、野生鳥獣の減少に拍車がかかった。戦後は、一転して枯渇した野生動物の回復が目標となり、メスジカの禁猟や保護区の設定などさまざまな保護措置がとられた。昭和30年代以降の拡大造林政策、昭和30年代後半からの草地造成事業などによる人為的な土地利用の改変と保護政策は今日の野生動物の被害発生や生息数と分布回復の原因となった。増加を続ける耕作放棄地や里山放棄地は、野生動物の隠れ場や生息の場となり、分布拡大と生息数増加を招いている。今日我々は、人間の生活空間の縮小と野生動物の生息地の拡大という、これまで直面したことのない時代を迎え、土地利用の再編成や野生動物管理制度の設計が切実な課題となっている。

S08-4
山村の歴史と生物資源利用
白水智（中央学院大・法）

ジャレド･ダイアモンドは、世界の諸文明が歴史上破滅に至ったり、あるいはそれを回避して持続した要因について刺激的な説明をなし、国際的に注目を浴びた。氏は日本の事例についても言及し、森林に覆われた自然環境の破綻が人口稠密な江戸時代（近世）の日本において回避された理由を、上意下達の貫徹する社会の中で、有能な支配者による森林保護政策が有効に機能したためと説明している。

しかし歴史学的に検討すると、氏の説には荒唐無稽ともいえる記述が多く、当時の社会の実像に即した見解といえるかどうか大きな疑問がある。果たして近世日本において自然環境の保全がなされた要因はどこにあったのか、支配者による森林保護政策が主因とする理解は正しいのか。本発表では、これらの問題について、歴史学の立場から再検討を加えていくことにする。

まずはダイアモンドの所説が大きな批判もなく日本で容易に受け容れられた背景について、従来の歴史学の描いてきた日本史像の偏りとその結果醸成された国民的理解の問題に触れ、その上で信越国境（長野・新潟県境）に位置した山間地の争論を手がかりに、近世という社会システムの中で在地住民が地域環境保全にどのように対していたかを考えていきたいと思う。

S08-5
日本列島の生物多様性が維持されてきた要因
辻野亮（地球研）

日本列島地域は、生物多様性が高いにもかかわらず破壊の危機に瀕していて緊急かつ戦略的に保全すべき地域として世界 34 ヶ所の「生物多様性ホットスポット」のうちのひとつとされている．

日本列島に多様な生物が生息している要因として，３つの仮説が挙げられる．第１に日本列島は水平的・垂直的な環境の広がりや，数千の島嶼からなり自然環境が多様で豊かであることである．第２に生物相が形成されるにあたって過去の気候変動と地形形成などの地史が豊かな生物多様性を涵養したことである．第３に日本列島では人と自然の関係が調和的で，人々が「賢明」に生物多様性を利用してきたことである．

特に第３の仮説について検討した．日本列島におけるさまざまな生物資源の利用の歴史や人と自然のかかわりの歴史を概観したところ，生物多様性を脅かす森林の大規模攪乱を古代と中世，近世初期に経験しながらも，近世においては独自の森林管理を発展させ，近代以前の日本における人と自然のかかわりには生物資源を枯渇させないような「賢明な利用」が行われたことは確かにあった．一方で，古代においては針葉樹のコウヤマキが木棺の材料などとして枯渇的に利用されたり，近代になると東北地方でさまざまな哺乳類に過剰な狩猟圧がかけられたこともあった．

果たして生物多様性は維持されてきたのだろうか．過去の森林伐採によって生物多様性が喪失していたのかもしれない．それでも現在の日本列島で生物多様性が高い要因として考えられることは，１）もともと生物多様性が非常に高かったから，２）原生自然が破壊されても，人為的な逃避地（里山，神聖な森，半自然草原）が存在したから，３）高山や奥山，地形険阻な森林なども逃避地として機能したからではないだろうか．

S08-6
生物文化多様性の視点からの保全生態学
湯本貴和（地球研）

生物多様性といえば、これまで原生的な自然に住む生物のことを中心に論じられる場合がほとんどであった。熱帯雨林の減少で絶滅しそうな類人猿や希少な鳥類などが、報道でも大きくクローズアップされている。日本でも屋久島や知床のような原生的な自然が、特権的な価値をもつものとして語られてきた。では人間のインパクトが与えられた、いわゆる二次的な自然は、生物多様性について論ずるに価しない二流の自然なのか。いや、わたしたちの回りの自然こそが、わたしたちにさまざまな生態系サービスを与えてくれる「本当の自然」ではないのか。遠くの wilderness よりも近くの里山。そこには人間が育ててきた作物や家畜、半栽培植物を含めた生物多様性と文化が、そして「自然の恵み」が満ち満ちているではないか。どこの国や地域でも、文化はそれぞれの地域の生物多様性に依存して育まれてきた。文化多様性の源泉は、そこに生息する動植物を含めた地域の風土である。ところが、この「本当の自然」の大切さを語ることばを、わたしたちはじゅうぶんに醸成してこなかったのではないか。生物多様性条約では、１）保全、２）持続的利用、３）生物資源からの利益の公平・衡平な分配が、３本柱になっている。この３つは、異なる価値観をもつさまざまなステークホルダー間では、持続的な利用と経済的･文化的な利益なしでは保全は担保されず、利益の公平・衡平な分配の確保こそが特定のセクターによる過剰利用を防止して持続的な利用・管理を導きだし、持続的な利用の前提には適切な保全があるという、相互に依存しあう関係となっている。人間が生物資源を利用してこそ、保全が成立するという考え方にたつと、二次的な自然の役割と意義がよく理解できる。身近な「自然の恵み」を十分に活用すること、そして祖先から受け継いだ「自然の恵み」の利用法を学ぶことが、環境負荷が低く、しかも豊かな生活の第１歩ではないだろうか。

S09-1
Diverse shoot architectures and converged mechanical safety among sympatric woody species
Yusuke Onoda (Kyushu University)

Shoot structure varies enormously across species, yet how such variations interact with their mechanical stability is poorly known. We present a model to calculate safety factors along stem axes against stresses imposed by gravity and wind. The model integrates side branch architecture, leaf and stem mass distribution, stem tapering and stem mechanical properties, and is applied to 16 coexisting woody species from an Australian arid shrubland. There was substantial variation in leaf and stem mass for a given length of shoot across species (140 and 20 fold respectively). In contrast, safety factors for gravity or wind varied only 3-4 fold across species. Safety factor along stem at 0.4-1.2m length was roughly uniform in tree species, but was more variable in shorter shrub species. Stem modulus of rupture (MOR) was unrelated to safety factors across species. Stems with high MOR had slender structures (higher shoot length/stem diameter), which compensated against the positive effect of high MOR on safety. These results suggest that diverse shoot structures across species are constrained to satisfy similar mechanical safety factors with internal trade-off among traits. Our model strengthens mechanistic understanding about how key shoot traits are coordinated to satisfy mechanical requirements.

S09-2

Architectural trade-offs among tropical tree species in relation to life-history traits

Yoshiko Iida (Hokkaido University)

Tree architecture is associated with light capture, carbon gain and the efficiency with which trees reach to the canopy. In closed forests, trees compete for better light conditions and face a dilemma whether they require current efficient light capture by horizontal expansion or expect future light capture by rapid vertical expansion. Therefore, it has been expected that species-specific life-history traits among tropical rainforest trees are related to the trade-off between horizontal and vertical space exploitation. In this context, previous results are inconsistent because they deal only with limited target species and ontogenetic stages.

This study examines the differentiation in tree architecture over whole ontogenetic stages in relation to adult stature, sapling mortality rate in understorey and wood density at the community-wide scale in a Malaysian tropical rainforest. As expected, it reports that adult stature is related to species architecture. Possible disadvantage with low wood density was not detected, but the architectural differentiation along with wood density supports light capture strategies rather than sapling mortality. Overall, architectural trade-offs are closely related to life-history traits, and which characterizes a species-rich tree community.

S09-3

Functional traits determine trade-offs and niches in a tropical tree community

Frank Sterck (Wageningen University, the Netherlands)

Niche theory predicts that different species are specialized for different niches, functionally divergent, and therefore coexist. It is however debated whether the functional trait differences across species actually result in functional divergence and niche separation. We integrated biophysical principles in a plant model to understand how functional plant traits affect growth, survival and niche separation along gradients of light and water availability for saplings of 13 co-existing tropical dry forest tree species. Simulations show that functional traits result in a plant strategy spectrum, varying from acquisitive species with high growth rates at saturating resource levels to conservative species with high tolerances for both shade and drought. Conservative species thus survive within a larger fundamental niche. Most species grow more rapidly than other competing species at certain combinations of resource levels, and occupy therefore a unique realized niche. Our simulations predict functional divergence across species to both light and water availability gradients. Intriguingly, for the investigated dry tropical forest, the functional divergence only resulted in light niche separation across species.

S09-4

Structure, functioning and species composition of vegetation stands: a case of a game?

Niels Anten (Utrecht University, the Netherlands)

Understanding how vegetation structure and productivity arise from plant photosynthetic traits entails scaling up from leaf to canopy. Simple optimization has commonly been used to this end, with traits being assumed optimal when productivity of a vegetation stand is maximized. This ignores the fact that plants interact with each other; their leaves and roots influence each other's light and nutrient availability. In such cases game theory (competitive optimization) is more appropriate. Focusing on leaf area, I will show that stands with an optimal structure for maximum productivity are not evolutionarily stable and can be invaded by a 'cheating' mutant that overinvests in leaf area. As a result natural plant communities are less than maximally productive. But while the structure and productivity of vegetation can now reasonably be predicted analyzing genetic and species diversity is still a major challenge. I will present some advances in this direction.

S10-1

コオロギの闘争行動と順位形成：神経生理学から行動学へ

青沼仁志（北大・電子研）

動物が状況に応じて行動する脳の働きを理解するには，受容した感覚刺激から重要な情報を抽出し，その情報を記憶と照合して状況に応じた行動を発現する制御信号を生成する生理機構を明らかにする必要がある．ところが，細胞・神経回路・個体行動の各階層における研究の知見は詳細ではあるが，時空間的に断片的なものとなっている．行動学実験や生理学実験の結果に基づいて動的なシステムモデルを構築し，その妥当性を計算機シミュレーションで検証することで，各階層間のギャップを埋めるひとつの方法論について紹介する．

個体が，他者が存在する環境下（社会）で，状況に応じて行動するメカニズムを理解するため，クロコオロギの闘争行動を題材に研究を行った．コオロギは，体表フェロモンにより相手を識別し，遭遇した相手がオスであれば威嚇行動をとり，相手が退かなければ噛みつき合いの闘争へと発展する．闘争の結果，勝者と敗者の間には優劣関係が形成され，敗者は，闘争が終結して数時間は他のオスに遭遇しても相手を威嚇したり攻撃したりすることなく忌避行動をとる．この行動変容には，脳内神経修飾物質である一酸化窒素（NO）シグナル伝達系や生体アミンのオクトパミン（OA）が機能的に働くことが重要である．薬理学的な操作で脳内の NO シグナル伝達系を阻害すると，敗者個体の攻撃に対するモチベーションが上がり，OA を阻害すると反対に減衰した．一方，脳内 OA を計測すると，闘争に敗れた個体で有意に減少することが分かった．さらに，薬理学的に脳内 NO 濃度を増加させると脳内 OA は減少した．これらの知見をもとに，個体が社会環境の変化に応じて攻撃性を変容させる神経生理機構の動的システムモデルを構築し，シミュレーション実験でその妥当性を検証した．その結果，社会適応を創り出すメカニズムとして，個体間相互作用と脳神経系に内在する多重フィードバック構造の重要性が明らかになった．

S10-2

パーソナリティーの生理と生態学的基盤：昆虫の死にまねをモデルとして

宮竹貴久（岡山大・環境）

動物の行動の多くは、生物体内で発現する生理物質に支配される。動きが素早い、動きが鈍い、などの個性は、動物の各個体が示すパーソナリティーである。近年、パーソナリティーが個体の利得に直接もたらす影響と、その進化的な反応が、行動生態学の主要な研究トピックのひとつとなっている。個々の生物が示すパーソナリティーが、その個体の適応度にどのように反映するのかが、近年、多くの分類群生物で検証されている。しかし、その研究のほとんどは、表現型レベルの研究にとどまっており、その生理的、および遺伝学的基盤まで解明しようとする研究は、一部のモデル動物を除けば、まだとても少ない。本講演では、敵に襲われた際に、昆虫が示す死にまね行動をモデルとして、動物の脳で発現する生体アミンが行動に及ぼす影響、生体アミンの発現レベルがその個体の表現型を介して行動の適応度に及ぼす影響についての事例研究を紹介する。さらに生体物質に支配される行動形質が、生物の集団サイズ、および群集構造にまで影響する可能性について考える。本講演で紹介するモデルは、被食者としての甲虫種、そして捕食者としてのハエトリグモと吸汁性のカメムシである。死にまねは、実は、隣人の個体を犠牲にして、自分が助かる利己的な行動ともいえることが分かった。そして、集団および群集内に、低頻度でそのような利己的個体が潜入できる可能性について考察する。神経伝達物質と、個体群・群集構造とをリンクさせて考える際に、生理学と行動生態学における研究手法間に、どのようなギャップが存在するのかを述べ、議論を提供したい。

S10-3

サンショウウオとオタマジャクシ：表現型可塑性と生理学から群集へ

岸田 治（北大・FS セ）

生息環境の違いに応じた個体レベルの形質の変化を、表現型可塑性と呼ぶ。個体の形質はどんな環境のもとでどのように変わるのか？ その結果、個体の生活史や個体群・群集の動態にはどんな影響が及ぶのか？ 生態学において表現型可塑性の研究とは、これらの疑問に答えることであり、個体と環境とが織りなす複雑な相互作用を探求することにほかならない。一方で、表現型可塑性は発生学や生理学の研究対象にもなっている。環境シグナルに対する遺伝子レベル・生理物質レベルの応答の結果が、個体の形質変化として現れるからである。

エゾアカガエルのオタマジャクシ（オタマ）は外敵のエゾサンショウウオ幼生（サンショウウオ）の捕食リスクにさらされると、サンショウウオに丸呑みされるのを防ぐべく、頭胴部の上皮を厚くし、頭胴部全体を膨らませる（膨満化）。最近の生態学的研究から、膨満化はオタマの個体数を維持するよう機能するだけでなく、池の生物群集にさまざまな波及的影響をもたらすことがわかってきた。例えば、普通のオタマがいる実験群集に比べて膨満化したオタマがいる群集では、サンショウウオが代替餌種を多く利用する分、サンショウウオの成長が遅く、代替餌種の個体数が減る。また膨満化したオタマが数多く生き残る分、餌となる落ち葉の分解も早い。オタマの膨満化のメカニズムを解明すべく、発生生理学的な研究も行われている。例えば、サンショウウオに暴露されたオタマと非暴露オタマの遺伝子産物の挙動を比較した研究によると、上皮組織でのウロモジュリン遺伝子やケラチン遺伝子の発現制御が膨満化のカギになっているらしい。以上のように生態学的研究と発生生理学的研究はそれぞれに成果を上げてきたが方向性は全く異なる。では生態学と生理学が融合するのはどんなときだろうか？ 特に、生理学の成果は生態学に貢献しうるのか、これまでの知見をもとに考えてみたい。

S10-4

成長のメカニズムからサケ科魚類の生活史多型と資源管理を考える

清水宗敬（北大・水産）

サケ科のサクラマスは淡水で生まれ、一年以上河川で過ごした後に海に下る。しかし、全ての個体が海水適応能を獲得して海に下る訳ではなく、川に残って一年早く成熟する個体も出現する（生活史多型）。北海道ではサクラマス幼魚が海に下るか河川に残留するかは成長の良し悪しによるとされており、進化・生態学的な視点から盛んに研究されてきた。一方、成長がどのように海水適応能の獲得や成熟の開始に関与するのかといった生理学的メカニズムには不明な点が多い。

魚類を含む脊椎動物の成長には、成長ホルモン（GH）とインスリン様成長因子 -I（IGF-I）が非常に重要である。特に IGF-I は、GH の成長促進作用を仲介するとともに、サケでは海水適応や成熟にも関与しており、生活史多型出現を理解する上で鍵となる分子と考えられる。しかし、生活史分岐に果たす IGF-I の役割を調べるには、研究ツールの整備と生理学的知見の集積が必要となる。演者らは、サケ IGF-I の測定系の確立をはじめ、成長のメカニズムに関する研究を行ってきた。そして、IGF-I は個体の成長率と良い正の相関があることを見出した。この知見はメカニズムの解明だけでなく、成長の指標として水産資源学の分野での応用が期待できる。

海に下ったサケの大部分は一年目の冬に減耗するため、その時期の生残が資源量を大きく左右する。これまでの生態学的な研究から、サケ幼魚が生残するか否かは、沿岸域での成長の良し悪し（成長率）に左右されると考えられている。現在、北米のギンザケを対象に、血中 IGF-I 量を成長率の指標に用いて幼魚の生残ひいては回帰量を推定する試みが行われている。血中 IGF-I 量と回帰率には正の相関があることが明らかになりつつあり、生理学と資源生態学を結ぶアプローチとして紹介したい。

S11-1

二次的自然下に生育する絶滅危惧植物保全のためのユビキタスジェノタイピング

井鷺裕司・兼子伸吾・加藤慶子・水谷未耶（京都大）・増本育子・大竹邦暁（中電技術コンサルタント）

長期間にわたる人為影響によって成立している二次的自然環境には、多くの希少植物が生育している。これらの絶滅危惧種に関しては、全個体の生育場所、繁殖状況、遺伝子型を明らかにして、希少種の現状を正しく理解すると共に、遺伝的特徴に応じた適切な保全策を構築することが必要である。

スズカケソウは徳島県に生育する 130 個体すべてが同一の 1 クローンであり、日本国内の複数の植物園で栽培されている個体は、それとは別の単一クローンであることが判明した。更に、徳島県の小学校で栽培されているものの中には他に存在しない対立遺伝子を保有している個体があった。これらの知見をもとに、現存するすべてのクローンを対象にマイクロサテライト遺伝子座における遺伝子型を添付して、広島市植物公園に依頼して生育域外保全を試みている。日本にわずか 3 野生集団、約 100 個体が知られるトキワマンサクは、生育地内で離散して生育する樹木個体の多くが同一クローンであることが明らかになり、過去において人工的に増殖されたものに由来する可能性が高いことがわかった。広島県を中心に数個体群が現存するヤチシャジンは個体群ごとに保全努力に差があるだけでなく、クローン数、遺伝的特徴にも大きな差異が認められた。今後の効率的保全のためには遺伝情報を活用することが必須であるといえる。日本では静岡県にのみ知られるセンリゴマは、毎年数百オーダーの花茎が発達するにもかかわらず結実しない。センリゴマの遺伝的多様性は、きわめて低く、おそらく 1 クローンからなることがわかった。また、中国に現存する近縁種とは明確に識別できる分類群であることもわかった。

二次的自然下に生育する絶滅危惧植物を対象とした各種生物保全活動に対して、以上のような遺伝情報を活用することにより、活動の意義やパフォーマンスを著しく上げることが期待される。

S11-2

小笠原諸島における絶滅危惧植物保全のためのユビキタスジェノタイピング

須貝杏子・加藤朗子・常木静河・森啓悟・加藤英寿（首都大・牧野標本館）

小笠原諸島（以下，小笠原）は，これまでに他の陸地と一度も繋がったことのない海洋島であるため，独自の進化を遂げた固有種が多く存在し，進化生物学的に非常に興味深いフィールドである．このような特異な自然を後世に残すため，環境省は世界自然遺産への登録を目指している．しかしながら，小笠原に固有の維管束植物約160種のうち3分の2が絶滅危惧種に指定されるなど，保全生物学的に深刻な課題を抱えている．

私たちは，これまでに小笠原産固有樹種（ムラサキシキブ属・シロテツ属・タブノキ属・ハイノキ属など）を対象として，マイクロサテライトマーカーを用いた集団遺伝学的な解析を進めてきた．これらの分類群の特徴は，1つの属内に諸島の広範囲に分布する普通種と局所的に分布する絶滅危惧種の両者が含まれている点である．これらの樹種の遺伝解析の結果，普通種の種内に明瞭かつ複雑な集団構造が認められ，従来の形態形質に基づく分類群とは異なった遺伝的組成を把握することができたとともに，種分化の初期段階にある可能性が示唆された．また，集団サイズの小さい絶滅危惧種の集団内に高い遺伝的多様性が検出される事例もあり，その要因として個体数が最近急速に減少したために祖先集団の多様性が残存している可能性が考えられた．

小笠原では様々な保全対策が進められているが，単に絶滅危惧種を保全するのではなく，普通種も含めた種内の遺伝構造にも配慮していく必要がある．それにより進化のプロセス，すなわちその種が将来的に分化する可能性を守ることができるのではないだろうか．これまでのユビキタスジェノタイピングの結果を生かして，遺伝的多様性に考慮した保全策を提示していくことが可能になるだろう．

S11-3

高山における絶滅危惧植物保全のための全個体ジェノタイピング

陶山佳久・阿部晴恵（東北大）

高山に分布する希少植物には、地球温暖化による植生変化や小集団化による遺伝的劣化、さらには盗掘などの人為によって、絶滅リスクが極めて高いと考えられるものが多い。本研究では、このような絶滅危惧植物を対象に、全開花個体の生育位置・遺伝子型等の把握を行い、有効な保全策に生かすことを目的としている。

研究対象は、1）岩手県五葉山のみに分布するゴヨウザンヨウラク（ツツジ科）、2）鹿児島県屋久島の山頂部のみに分布するヤクシマリンドウ（リンドウ科）、3）北海道アポイ岳のみに分布するヒダカソウ（キンポウゲ科）、4）北海道崕山のみに分布するキリギシソウ（キンポウゲ科）、5）同じく崕山に分布し、その他の分布も限られているキバナノアツモリソウ（ラン科：崕山のみで調査）の5種とした。これらの種ごとにマイクロサテライトマーカーを開発するとともに、分布域においてすべての開花株を探索して位置情報の取得・DNA分析用試料の採取を行った。

これまでに得られた主な成果として、開花株の探索によって現存する正確な個体数が明らかになったことがあげられる。例えば、ゴヨウザンヨウラクはこれまでに知られていたよりも多くの個体が発見され、逆にヒダカソウは開花株が著しく減少していることなどがわかった。また遺伝的な分析によって、ゴヨウザンヨウラクやヤクシマリンドウでは近縁種に比べて遺伝的多様性のレベルが低いことや、クローン識別に基づくと、ヤクシマリンドウの個体数は見た目よりも少ないことなどが明らかになった。さらに至近的な保全対策として、本研究による全開花個体の遺伝子タグ化は、盗掘を抑止する圧力として効果があると考えられる。今後は、さらに各種の保全遺伝学的な解析をすすめ、適切な保全策構築に生かす予定である。

S11-4

様々な繁殖様式をもつシダ植物におけるユビキタスジェノタイピング

高宮正之（熊本大）

環境省（2007）のRLによれば、日本のシダ植物約750種のうち、CR76種・EN57種・VU53種の計186種が絶滅危惧種であり、全体の25%にあたる。シダ植物の生殖様式は、胞子が発芽して独立生活を行う配偶体を形成し、精子と卵の受精から胞子体が生じる有性生殖が一般的である。しかしそれ以外にも、根茎や無性芽による栄養繁殖や、受精を経ずに配偶体から胞子体が直接生じる無融合生殖などが知られている。また、倍数体が多いのも遺伝学的特徴である。これらの繁殖様式を把握した上で、それぞれの絶滅危惧種の集団遺伝学的性質を考慮し、保全計画を立案する必要がある。今回、様々な繁殖様式、倍数性の種を組み合わせることで、集団数や個体数が著しく縮小している4種の解析を行った。対象種は、シビカナワラビ *Arachniodes hekiana* Sa.Kurata（二倍体 2n = 82 有性生殖種 CR)、フクレギシダ *Diplazium pin-faense* Ching（二倍体 2n = 82 有性生殖種　EN)、キュウシュウイノデ *Polystichum grandifrons* C.Chr.（二倍体 2n = 82 無融合生殖種　CR)、アオグキイヌワラビ *Athyrium viridescentipes* Sa.Kurata（四倍体 2n = 156 有性生殖種　次期RLでCR予定）である。各種についてマイクロサテライトマーカーの開発を行い、基本的に全集団全個体を対象とした遺伝的特徴を分析した。シビカナワラビは、著しい遺伝的多型が認められたが、フクレギシダでは集団間には差があるものの、集団内は全て多型の無いホモ接合体だった。キュウシュウイノデは、全く遺伝的変異が見られなかった。アオグキイヌワラビは7割が遺伝的には同一だった。これらについて、生殖様式を考慮しつつ集団特性を解析した。

S11-5

地域固有絶滅危惧種シモツケコウホネを守る：ユビキタスジェノタイピングから見えてきたこと

志賀隆（大阪市立自然史博物館）・横川昌史・兼子伸吾・井鷺裕司（京都大）

シモツケコウホネ *Nuphar submersa* Shiga & Kadono（スイレン科）は2006年に新種として発表された栃木県固有の絶滅危惧水生植物である(絶滅危惧ⅠA類)。栃木県中部の河川や水路に生育していたが、圃場整備などによってそのほとんどは絶滅し、現在では3地域（日光市、那須烏山市、真岡市）に群落面積にして合計60㎡残っているに過ぎない。そのような中、生育面積が最も広い日光市では、2009年に移植による系統保存と現状維持地区を設け、保全に配慮した形で圃場整備が実施されることになった。そこで発表者らは有効な保全策の提案を目的に、現存する株の網羅的な遺伝子型決定（ユビキタスジェノタイピング）を行い、各集団の個体数や遺伝的多様性を評価した。

サンプルは、0.5m間隔で採集し（日光市202株、那須烏山市58株、真岡市7株)、マイクロサテライトマーカー12遺伝子座を用いて遺伝子型を決定した。その結果、3集団とも遺伝子座あたりの対立遺伝子数1.6～1.9、ヘテロ接合度0.11～0.42と低い遺伝的多様性を示したものの、日光市27個体、那須烏山市15個体、真岡市3個体の合計45個体を識別することができ、遺伝子型多様性は集団内に維持されていることが明らかになった。また、各集団はそれぞれ同程度、遺伝的に分化しており（Da = 0.38～0.44)、集団サイズが小さく個体数が少ない真岡市の集団も系統的に重要であることが明らかになった。

日光市での圃場整備を遺伝的多様性の面から評価すると、現状維持地区を設けたことにより20個体を残すことができた反面、残念ながら移植によって複数個体が失われていた。このようにユビキタスジェノタイピングは保全事業のチェック方法としても有効であった。この他にも現地での保全活動について紹介し、ユビキタスジェノタイピングに基づく保全活動の有効性を議論したい。

S11-6

ラジコンヘリ Falcon-PARS による絶滅危惧種生育位置の特定

小熊宏之（国立環境研究所）・渡部靖之（情報科学テクノシステム）

Falcon-PARS（（株）情報科学テクノシステム社製）は、デジタルカメラ搭載ラジコンヘリと、空撮画像を処理する専用ソフトウェアから構成される新たな航空写真測量システムである。ラジコンヘリは小型（85cm × 80cm × 15cm）・軽量（2kg）で可搬性に優れるほか、指定した撮影箇所への移動と撮影を自動で実行でき、垂直離着陸方式のため滑走路を必要とせず、機動性・柔軟性に富んだ効率的な運用ができる。ソフトウェアは複数枚の写真と撮影位置の GPS データのみを用いて、複数枚の写真を自動接合し、全画素に緯度・経度・高さ情報が付加された画像を生成する。これらの特徴により、直接踏査が困難、あるいは調査による攪乱が懸念される対象への高解像度撮影（1 画素が数 mm ～ 1cm オーダー）を可能とする。更にこれまでのラジコンヘリ等による空撮と異なる特徴として、撮影画像と撮影位置の GPS データのみから、撮影画像の全画素に地理座標が付与されることが挙げられ（地上測量は不要）、撮影対象の分布位置を把握できるほか、同一対象の反復調査を可能としている。

このシステムを用い、阿蘇山において絶滅危惧種であるオグラセンノウの開花期に撮影飛行実験を行った。対地高度を 30m とした場合、撮影画像は 1cm 程度の解像度となり、オグラセンノウの花を特定するには十分な解像度が得られると期待された。その結果、これまでに人が踏み入ることができなかった領域においても、開花しているオグラセンノウが確認され、個体毎に生息位置を取得することができた。今後、定期的に撮影を行い、また、近赤外線カメラ等の他センサーを組み合わせることで、オグラセンノウの個体数の増減や、周囲の環境変化との関係などの調査を行うことが可能と考えられる。

S11-7

絶滅危惧植物における全個体遺伝子情報と個体群存続解析

加藤元海（高知大）

自然環境に対する人為インパクトの増大によって、多くの生態系で生物多様性が低下しつつある。日本列島には変種や亜種も含めると約 7000 種の維管束植物が分布しており、そのうちの約 4 割が固有種である。日本に生息する維管束植物のうち 2 割を超える種が、何らかの形で絶滅の危機にさらされている。絶滅危惧種の保全に関して、詳細な遺伝解析に基づく保全活動が展開されている例はまだ少ない。生物個体群の遺伝的特徴は絶滅危惧種の動態に対して大きな影響力をもつため、集団の遺伝的多様性や遺伝構造を知ることは絶滅危惧種の保全のために必要となる。本研究では、近年著しく発展した遺伝子解析技術によって得られた絶滅危惧植物の現存する全個体に関する位置情報、繁殖状況、遺伝子型を考慮した数理モデルを構築して、その個体群存続解析を行なった。個体群存続解析では、個体群の遺伝構造と地理情報に関しては小笠原諸島に生息するムニンフトモモをモデルに解析を行なった。空間構造を考慮した数理モデルを用いて、絶滅危惧植物のメタ個体群の持続可能性や脆弱性について総合的な解析を行なった。さまざまなパラメータを変えることにより、どのような生物学的特徴が絶滅リスクを高める要因になるかを解析し、生物多様性維持のために必要な管理の方針の助けとなることを目指す。

S12-1

①個体サイズの代謝べき乗則入門：なぜ３／４になるのか説明　②代謝べき乗則理論の３つの弱点、そこで必要とされる３種類の実証データ

小山耕平（石川県立大・生物資源環境）

West, Brown, Enquist（1997）によるメタボリック・スケーリング理論（WBE 理論）を解説する。WBE は、以下 2 つの経験則を説明する。（1）動植物の種間比較に於いて個体重を M、個体呼吸速度を R としたとき、べき関数 R = aM^b になる。但し M^b は「M の b 乗」を表す。（2）b = 3/4 である。

生物のガス交換は、最小単位（葉）を中心に行われている。そこで「呼吸速度はガス交換表面積（葉面積）に比例する」という仮定を置く。球の半径を a 倍に拡大すると、表面積は a^2 倍、体積は a^3 倍になる。かつては、呼吸速度は表面積に比例し、体重は体積に比例するから b=2/3（相似形拡大）と予測されてきた。しかし例外は多いが b=3/4 の報告は多い。なぜか？

小木を相似形に拡大すれば、巨大な枝に巨大な葉を小数持つ大木が出来るが（b=2/3）、現実の大木の枝葉は、小さいままである。大木は若木と比して、体重の割に表面積（でこぼこ）が多いといえる（b ＞ 2/3）。一方、大木が葉（緑藻）を単に並べただけの物体ならば、全体の重さと呼吸量は比例する（b=1）。現実は、葉の集合は茎などの資源輸送ネットワークを形成し、呼吸に関与しない体重が増えていく（b ＜ 1）。そのネットワークのなす形は、全体は相似形に拡大し、かつ枝葉は最小の大きさを保つように細部が分裂していくものである。つまり生物体の拡大成長は、b=1（最小単位の寄せ集め）と、b=2/3（相似形拡大）の中間であるといえる。

このネットワークのなす形を、いくつかの強引な仮定を用いて導いた結果が b=3/4 である。それらの仮定と、「呼吸及び光合成速度はガス交換表面積に比例する」という仮定は、生理学的根拠が不明である。データを集めて 3/4 になったところで、理論そのものを検証する研究は無く、まだ「これから」である。

S12-2

植物個体呼吸スケーリングを決めるのは何？　－環境 / 系統などから－

森茂太（森林総研・植物生態領域）

植物個体の成長ほど興味深く、大切な生物現象はない。植物個体は実生から巨木まで、個体重量で１０＾１２倍で成長する。植物は、このように大きな幅で長い年月をかけて成長する。この植物成長はなにが制御するのだろう？「個体成長」は様々なモデルで理論的説明がされているにもかかわらず、現実の生物個体の成長予測は非常に困難である。この答えに近づく方法が [Metabolic scaling] だろう。生物個体の大きさに合わせて個体呼吸はどのように変化するか、長年にわたり多くの学説が提出され、熱い議論は今も続いている。しかし、理論は先行するものの幅の広い実測がなく、断片的なデータからの「推定」が大半であり決定打が無いのが現状である。そこで、私たちは実生（生重量数ミリグラム）から巨木（約１０トン）の根を含む植物個体全体の呼吸を測定する方法を考案した。この方法で、シベリアから赤道直下の東カリマンタンまで全ての植物帯で６３種、２７１個体の個体呼吸を測定した。その結果、植物個体呼吸は小さな個体で、「個体重量に比例し」、個体が大きくなるにつれて徐々に個体呼吸と重量の関係は変化して、大きくなると個体呼吸は「個体重量の３／４乗に比例」していた。これらの関係は、２本の「単純べき関数」（両対数軸上で傾きが１と３／４）を漸近線とする「混合べき関数」でモデル化できた。こうした上に凸の関係は、植物個体が成長するにつれて徐々に頭打ちになる成長曲線を考えると生物学的に合理的な関係であろう。日本では１９７０年代の成長曲線研究から、類似の予想があった。しかし、何故こうした上に凸の傾向になるのだろう？小個体の呼吸は、重力の影響が小さく生物化学的な反応で制御され、大個体では重力の影響が大きく、丈夫さを保つため重量当たりの呼吸は小さくなるのだろう。「混合べき関数」モデルは、生物個体呼吸の「物理化学的制御」を検討する糸口になるのかもしれない。

S12-3

代謝スケーリングから見えた食う−食われるの関係：代謝量の個体発生を考える

* 八木光晴（九大・院・農／長大・水），及川信（九大・院・農）

個体の階層における代謝スケーリング（生物の体サイズとエネルギー代謝量の関係）には、体サイズが異なる様々な種の間の関係（代謝量の系統発生）と、同一種内の様々な体サイズの間の関係（代謝量の個体発生）がある。代謝スケーリングに関する議論の多くは、哺乳類や鳥類などでの代謝量の系統発生について進められてきたという経緯があり、代謝量の個体発生は無視されるか、或いは両者は同じ関係であると曖昧に認識され続けてきた。その一方で、両者の関係は明確に異なり、区別して考える必要があるといった指摘もなされてきた。

本講演では先ず、代謝量の系統発生と個体発生について、これまでに報告された代表的な例を紹介し両者の違いについて整理したい。後半では、代謝量の個体発生の例として、「小卵多産の魚類や海産無脊椎動物の代謝量の個体発生は、代謝量の相転移によって特徴づけられ、生残過程と密接に関係する」とした発表者らの実証研究を紹介する。すなわち、個体当りエネルギー代謝量 VO_2 と体重 M の関係は成長に伴って $VO_2=a_iM^b$ のアロメトリー式で表され、スケーリングベキ数 b の値は変わらずにスケーリング定数 a の値が複数回（i=1~4）上昇し、成長に伴って階段状に代謝量 - 体重関係が相転移した。また、トラフグでは a 値の上昇前後で共食いのピークが観察され、攻撃個体は a 値が上昇した個体で、被攻撃個体は a 値が上昇していない成長の遅い個体であった。これらの事実は、早く高い a 値の相に移行した個体は形態的・行動的変化を伴う高い運動性を獲得し、低い a 値の相に留まっていた成長の遅い個体を攻撃したと考えられる。このような代謝量の個体発生的相転移は小卵多産戦略をとる魚類や海産無脊椎動物などで広く生じている可能性がある。以上、本講演を通して、代謝量の個体発生の重要性とその生態学的意義について議論する。

S12-4

高次階層システムとしての生態系メタボリズムを駆動するメカニズムは何？　サイズスケーリング vs ストイキオメトリー

* 福森香代子（テキサス大），酒井陽一郎，西松聖乃，陀安一郎，奥田昇（京大・生態研）

単細胞生物から恒温動物にいたるほとんど全ての生物の代謝量は体サイズの 3/4 乗に比例して増加する。近年、このような個体レベルのアロメトリー関係を高次の生態系レベルまでスケールアップすることによって生態系代謝を理解する試みが注目されている。生態系の代謝量は個体代謝量の総和と定義され、理論上、資源、温度、生物群集のサイズ分布によって決定される。Enquist et al.（2003）は陸上生態系の代謝を異なる地域間で比較し、温度補正後の代謝量が群集の体サイズ分布によって変異する可能性を示唆した。しかし、資源や温度をコントロールした環境下で体サイズ分布が生態系代謝に影響することを明示的に検証した研究は存在しない。そこで、我々は、物理・化学環境を高度に制御した中規模人工生態系を用いて、生態系代謝を支配するメカニズムの解明を試みた。本実験では、プランクトン群集の体サイズ分布を変異させるため、高次捕食者である魚類の摂餌機能を操作した。

実験の結果、栄養塩の初期濃度をコントロールしたにもかかわらず、プランクトンの沈降および底層からの栄養塩回帰プロセスによって時系列でプランクトン群集の CNP 比が明瞭に変化した。プランクトン群集の NP 比は実験前半で低く窒素が律速資源となっていたが、実験経過に伴って増加し、後半にはリンが律速資源となる操作区もみられた。生態系代謝はプランクトン群集の体サイズ分布に依存せず、懸濁物の CN 比と相関が認められた。

本研究により、湖沼の生態系代謝は個体代謝の単純な総和とならず、最も希少な栄養塩に強く制限されることが明らかとなった。生物の高次階層システムとして生態系代謝を理解する上で、個体代謝を説明するサイズスケーリング則のみならず生態化学量論を考慮した新たなモデル構築の必要性が示唆された。

S13-1

適応進化を制限する遺伝的機構と生物多様性

河田雅圭（東北大学院生命科学）

進化生物学において、どのような機構が適応進化を制限しているのかという問題に近年注目が集められている。Futuyma（2010）は、過去 50 年間の進化生物学における最も重要な転換は、適応の失敗や適応が制限されていることの重要性の認識が増大したことだと述べている。気候変動などの急激な近年の地球環境に対応して一部の生物は急速に進化的変化が生じているのに対し、他の生物では進化的反応が妨げられているのはなぜか。多くの生物で生息分布外への進化的適応によって分布を拡大することができないのはなぜか。また、いくつの生物でみられるように系統的に近縁の種間では、ニッチが変化せず、長期にわたって保存されているのはなぜか。これら適応を制限する自然免疫要因を解明することは、進化生物学の問題のみならず、生物多様性を決定する要因の解明、また、地球環境変動における生物多様性の保全研究にも寄与する。また、一方で、近年、生物の持つゲノム構造や遺伝子ネットワーク構造が、遺伝的変異創出と関係している可能性も指摘され、生物種の持つ遺伝子システムと進化しやすさ（evolvablity）との関係が注目されている。このように、適応を制限する要因を解明する研究は、ゲノム研究から生物多様性研究へとつながる重要なテーマである。

本発表では、以下の項目について考察することにより、本シンポジウムの導入としたい。

(1) 適応はどのように短期的・長期的に制限されているのか
(1) 適応進化を制限する要因として考えられる遺伝的機構
(2) 適応を制限する要因としての遺伝子流動
(3) 適応進化に関わる遺伝的変異の創出を制限あるいは促進する遺伝システム
(4) 急激な環境変化への適応が制限あるいは促進されることによる生物多様性への影響
(5) 進化が制限されることによる生物多様性への影響

S13-2

多様な生息地への適応を制限するゲノム構造

牧野能士（東北大院 生命科学），河田雅圭（東北大院 生命科学）

環境勾配や地理的障害などの環境要因が、種の生息範囲を制限していると考えられる。しかし、もし生物が新しい環境に適応することが可能なら分布を拡大することが可能である。従って、新しい環境に適応進化できるかどうか（進化可能性）は生息地の広さを決める重要な要因であると思われる。この進化可能性には、適応に関わる性質の遺伝的な多様性などの遺伝的要因が深く関わっていると考えられているが、その実態は明らかとなっていない。生息範囲の維持・拡大に寄与する進化可能性を決定する遺伝的要因を明らかにすることは、地球温暖化などの環境変化により生態系がどう応答するかといった課題を考える上でも重要となる。我々は、遺伝的多様性を生み出す機構として遺伝子重複に着目した。遺伝子重複は真核生物ゲノム上で頻繁に起こることが知られている。重複した遺伝子は、その冗長性により機能的制約から解放され変異が蓄積しやすい。そこで、遺伝子重複が遺伝的多様性を生み出し新規環境に適応する遺伝的基盤を支えていると仮説を立て、環境適応能力が高い種に重複遺伝子が多いかどうか検証を行った。研究対象としてゲノム情報既知のショウジョウバエ属 11 種に着目した。ショウジョウバエ属の全遺伝子のアミノ酸配列を Ensembl データベースより取得し、相同性検索により重複遺伝子の同定を行った。また文献よりショウジョウバエ属の生息範囲を調査し、その範囲内における気候情報から生息環境多様性を推定した。系統的制約の排除、回帰分析、変数選択を行った結果、ゲノム中の重複遺伝子の割合と生息環境多様性には強い相関があることが明らかとなった。また、進化的解析により環境適応能力の高い種で重複遺伝子がゲノム中に保持される傾向を見出した。本研究において得られた知見は、環境変化へ応答しにくい種の推定や保全すべき種の決定に有効であると考えられ生態学的な意義は大きい。

S13-3

気候変動下での共進化過程と遺伝子流動

東樹宏和（京都大）

生態系は「互いに無関心な同居者」の集合ではない。「対立と協調を通してかかわりあう者たち」が構成する動的な系である。そのため、個々の種の進化的な変化は、関係する種の進化戦略をかえる。本発表では、生物種間の共進化について、その動態・速度を変化させる要因について考察する。個体群間の移動・分散は、その頻度が高いばあい、局所的な環境への適応を阻害する。いっぽうで、一定レベル以下の遺伝子流動は、適応上有利な遺伝的変異を局所個体群にもたらし、進化を加速するとかんがえられる。局所個体群（群集）間で共進化の動態がことなる研究系を例に、遺伝子流動や個体群サイズ（遺伝的な多様性に影響）が共進化過程にどう影響するのかかんがえたい。共進化の速度をきめる要因を考察するとともに、本発表では、（気候）環境の変動が共進化の方向性や速度を左右する可能性についてかんがえる。分子系統学および集団遺伝学的な解析を駆使することで、過去に起こった共進化の速度を推定することが可能である。この再現された共進化の歴史を、過去の気候変動の文脈で解釈する。そうすることで、現在進行している気温上昇が生物間相互作用をどういった方向へ、どういった速度で変化させるのか予測することが可能となる。最後に、共進化過程がいかにして生態系ネットワークをかたちづくるのかかんがえたい。「どの種に寄生するか」や「どの種と協力するか」といった戦略は、共進化過程をつうじてきまる。では、個々の共進化関係の動態をもとにして、いかに生態系全体のネットワークが変動するのだろうか？　環境変動下での生態系の動態を理解・予測するうえで、「生態学のミッシングリンク」ともいえるこの問いに答える必要がある。最新の研究動向を視野に、有望な研究戦略について議論したい。

S13-4

生物の時空間動態を理解するために有効な niche conservatism の視点

天野達也（農業環境技術研究所）

人類が引き起こす土地利用変化や気候変動、種の移入などによって、しばしば生物は全く新しい環境での生息を余儀なくされる。この新しい環境下で生物がどのように振舞うのかを理解することは、人類による環境改変が生物多様性に与える影響を予測するためには欠かせない。

近年、環境変動への生物の応答を理解するための枠組みとして、進化的視点の有効性が注目されている。Niche conservatism とは、種のニッチやそれに関する性質が経時的に維持される傾向のことを示すが、本講演ではこのような進化的視点が生物の時空間動態を理解する際に有効であることを、次の二点に注目して紹介する。

まず初めに、生物のニッチに関する性質がどれだけ系統的関係を有しているのかを明らかにすることで、変動環境下における生物の時空間動態を、進化的観点から一般化することができると考えられる。演者らのこれまでの研究によって、近年の日本における鳥類群集の分布縮小・個体数減少を説明する様々な生態的特性が明らかになってきたが、このうち、営巣場所や生息地としての農地への依存度などの特性は系統学的シグナルを示していることが明らかになった。

次に、環境改変に対する生物の応答予測には、ニッチ変化が起こる程度の種間差異を理解することが欠かせない。例えば、気候変動が分布域変化に及ぼす影響を予測している多くの研究では、種のニッチが変化しないことを前提としているが、実際には新たな条件下でニッチが変化する種も知られている。ここでは演者らが研究を行っている英国の植物群集に注目し、温暖化に伴う開花時期の早期化と分布域の北進程度に大きな種差があること、そしてその種差が開花時期の気温に対する反応強度の種差によって説明される可能性について紹介する。

上記で紹介した結果について機構的理解を深めるためには、生物のニッチに関する性質の進化的基盤について明らかにすることが必要である。

S14-1

Detecting proximate factors of flower bud differentiation in beech using flowering gene expression analysis

Yuko Miyazaki (Hokkaido Univ.)

The intermittent and synchronized production of large numbers of seeds or flowers by a population of plants is well known as mast seeding, or masting. Several hypotheses have been proposed to explain the mechanism of masting. It is most likely that plants respond to both internal resource level and external environmental cues to initiate flowering. However, how and in what processes these factors influence the floral transition is unknown because direct observation of development of floral organs at initial stage is impossible. In order to explore the effect of these factors on flower development, we studied the relationship between the proximate factors and expression level of floral meristem identity gene; *LEAFY* homolog (*FcLFY*) using mature *Fagus crenata* for consecutive 2 years *in natura*. We measured seasonal pattern of *FcLFY* expression in bud using real-time quantitative PCR, and analyzed the relationship between *FcLFY* expression and process of floral bud differentiation. Sizes of floral organs and the level of *FcLFY* expression showed positive correlation, meaning that *FcLFY* expression can be used as a marker to visualize the process of flower development. We further analyzed the relationship between concentrations of sugar and nitrogen in branches and the level of *FcLFY* expression. We discuss how this method can be applied for in-depth understanding of the mechanism of masting.

S14-2

Regulation of the flowering genes in fruit trees

Nobuhiro Kotoda (National Institute of Fruit Tree Science)

The long juvenile phase characteristic of woody plants, including fruit trees, makes their breeding cycle slower. The juvenile phase of apple generally lasts from four to eight years or more and that of citrus lasts seven to ten years. In the case of fruit breeding, the most important traits for selection are related to the fruit itself. Therefore, various practical techniques to accelerate flowering and fruiting of seedlings in the juvenile phase have been considered for years. However, little is known about the physiological and genetic factors involving the transition to flowering in fruit trees. Based on studies of Arabidopsis and other plant species, much effort has been devoted to unveil the molecular mechanism of flowering and to manipulate the flowering time in horticultural trees since the last decade. In this context, we have searched for the genes that maintain the juvenile/vegetative growth or induce the transition to flowering in apple. As a result, transgenic apples expressing the antisense RNA of MdTFL1 (an apple ortholog of TFL1) or the sense RNA of MdFT1 (an apple ortholog of FT) showed precocious flowering. In this symposium, the functions of the TFL1/FT family genes that would be responsible for the plant life cycle in apple and citrus will be discussed as well.

S14-3

Testing mechanisms of masting behavior in California oaks

Walter D. Koenig (Cornell Univ.)

California's acorn-producing trees, which include eight widespread species of *Quercus* and a single species of *Lithocarpus* (the tanbark oak), dominate much of the state and provide key resources for a vast range of wildlife primarily in the form of acorns, production of which varies greatly among individuals, years, species, and populations. Since 1980, we have investigated the causes and consequences of variable acorn production in California oaks in an attempt to understand this phenomenon at both the proximate and ultimate levels. Within populations, we have identified ecological factors that correlate with individual productivity and with environmental factors that correlate with annual productivity. Still unclear, however, is how these environmental factors interact with pollen availability to determine annual variability in acorn production. On a larger geographic scale, our work demonstrates synchronous acorn production within species on a statewide scale. At this level, however, the relative importance of environmental drivers vs. pollen coupling remains to be determined. Finally, California oaks, like those in many other regions, include species that differ in time they require to mature acorns. This ensures that at the community level, masting is unlikely to be extreme and provides strong support for factors beyond predator satiation selecting for masting behavior.

S14-4

Pollination syndromes and the benefits of synchronous mast-seeding

Elizabeth Crone (Harvard Univ.)

Synchronous mast-seeding can increase reproduction of individual plants by enhancing pollination success. In the context of mast-seeding, ecologists have often asserted that wind-pollinated plants would be most likely to benefit from synchrony, whereas benefits of synchrony for animal-pollinated plants depend on pollinator behavior. I investigate this hypothesis in relation to two mast-seeding species, *Astragalus scaphoides*, a bee-pollinated wildflower, and *Pinus albicaulis*, a wind-pollinated pine. *Astragalus scaphoides* plants experience higher pollination in mast years. For this species, because high flower densities increase pollinator constancy (i.e., in high flowering years, bees were more likely to visit two *A. scaphoides* plants in a row and transfer pollen). *Pinus albicaulis* plants do not experience increased pollination success in mast years. Like many wind-pollinated species, *P. albicaulis* plants produce separate male and female cones. In this species, low female-cone years are not low pollen years. These patterns directly contradict hypotheses about the pollination benefits of mast-seeding, but they make sense in light of general ecological theories, developed for non-masting species. I discuss the benefits of linking theories developed for mast-seeding plants per se with broader issues in plant ecology.

S14-5

A computational model of plant life cycle: genetic mechanism of local adaptation in flowering time

Akiko Satake (Hokkaido Univ.)

The timing of the transition from vegetative to reproductive development is a critical adaptive trait as it is essential for plants to complete seed production in favorable conditions. Proposed in A. thaliana, the gene regulatory model of floral transition describes the complex interactions between environmental signals (e.g., photoperiod and temperature) and endogenous cues (e.g., size, leaf number, or age). I modeled the interaction between photoperiod and vernalization (low-temperature) pathways, and combined this gene regulation dynamics and growth dynamics in a genetic-physiological model to explore local adaptation to two different environments (Hyogo; the western part of central Honshu, and Hakodate; the southern part of the north island in Japan). Temperature is warmer and seasonal variations in daylength are smaller in Hyogo than Hakodate. For simplicity, I assumed long-day plants that are self-compatible and evergreen. The analysis of the model demonstrated that there is a clear difference in sensitivity to daylength between the two plant populations. It was predicted that a Hakodate population responds to more extreme critical daylength than the one in Hyogo, which enables the plant flower in appropriate season in mid spring in Hakodate. I discuss the validity of the theoretical prediction using the data of *Arabidopsis halleri*.

S15-1

超並列シーケンスによる海洋微生物の多様性解析

浜崎恒二（東大大気海洋研）

環境中に生息する微生物の99%以上は難培養性であることがわかっている現在、微生物群集の多様性解析は、環境試料より直接DNAを抽出し、系統分類指標として16SrRNA遺伝子をPCR増幅し、その塩基配列を決定することによって行われる。しかし、従来の配列決定技術の速度とコストでは、一つの試料について数十種程度の優占種を解析することはできても、数百～数千種に及ぶ稀少種まで網羅しつつ複数の試料を比較することは技術的にも経済的にも困難である。本講演では、国際微生物センサスの一環として実施された、従来法の百倍の解析速度を有する454パイロシーケンス法を利用した海洋細菌群集の多様性研究について紹介する。南太平洋南北縦断観測によって採集された赤道、亜熱帯、亜寒帯、南大洋の4点の海水試料につき、約17万リードに及ぶ16SrRNA遺伝子V6領域の配列情報を取得し多様性解析を行ったところ、各点につき300-1000のユニークなOTU（Operational Taxonomic Unit）を見出すことができた。見出されたOTUの約70%は、出現頻度が0.015%以下の稀少な細菌グループによって構成されており、ハロゲン化ヌクレオシドをトレーサーとする増殖活性解析によって、これら稀少細菌グループの少なくとも約20-50%は、休眠状態ではなく活発に増殖していることがわかった。現状では、系統解析を行うには短すぎるリード長や、シーケンスエラーによる見かけの多様度増大の問題など、さらに検討すべき課題も指摘されているが、454パイロシーケンス法を利用した16SrRNA遺伝子の大量リードによって、予想以上に多様な稀少細菌グループの存在が明らかとなってきた。

S15-2

有害藻類 Microcystis 属のブルーム形成と遺伝的多様性

大林夏湖，程木義邦，小林由紀，奥田昇，* 中野伸一（京大生態研）

近年、湖沼の富栄養化に付随した有害藻類の分布拡大が世界的に報告されている。これまでの研究により，世界中の富栄養化湖沼で深刻な環境問題を引き起こしている有害藻類 *Microcystis aeruginosa* には多様な遺伝子型が存在し，その遺伝子型の構成はブルーム形成の時期や水域によって異なることが明らかとなりつつある。しかし，ブルーム形成中の *M.aeruginosa* の遺伝子型多様性の時系列変化やブルームの規模と遺伝的多様性の関連についての知見は未だ乏しい。本研究では *Microcystis* 属の分子生物地理学的情報が少ない西日本の湖沼を対象に，単離培養株を用いた種内系統解析とともに，採水サンプルからラン藻類のクローンライブラリーを作成し遺伝的多様性を評価した。また、京都大学生態学研究センター内の野外実験池に人為的にブルームを発生させ，遺伝子型構成の時系列変化を解析した。培養株を用いた系統解析の結果, 各クラスター内に西日本の様々な湖沼の遺伝子型が混在し、各湖沼間で地理的分化が起きていないことが明らかとなった。人為的に発生させたブルームでのラン藻の遺伝子型動態は，*M.aeruginosa* と *Aphanizomenon issatschencoi* で異なり，前者は遺伝子型の多様性が高く優占する遺伝子型が時系列的に変化したが，後者は数個の優占した遺伝子型の占有率が時系列的に変化するのみであった。以上の結果，有害藻類は頻繁に分散しており，*M.aeruginosa* では環境変動に応答して遺伝子型構成が変わり，結果として時系列的に多様な遺伝子型が出現していると考えられた。また，クローン分裂で増殖する有害藻類２種で，環境変動への異なる遺伝子型適応が起きていることが明らかとなった。本研究は環境省の環境研究総合推進費（D-0905）の支援により実施された。

S15-3

メタゲノムアプローチで見える環境負荷変動による微生物群集の遷移

鎌形洋一（産総研，北大院農学）

S15-4

微生物多様性研究における観測とデータベースとは？

山本啓之（JAMSTEC）

微生物の分類体系では、標本に相当する分離培養株を基準に種を命名してきたが、自然界の実態を知るうえで限界が生じている。例えば、バクテリアで登録された種名は１万あまり、その後ろには16S rRNA の塩基配列だけから認知された 10 万以上の分離培養できない潜在種が存在している。技術面では、メタゲノム解析により現場の微生物群集すべての遺伝子を読み出し、データの再構築から種構成や機能ポテンシャルを明らかにすることが可能になり始めている。得られた膨大な遺伝子情報からは、種の多様性だでなく機能の多様性も同時に解析することができる。一方、遺伝子レベルでの多様性解析から自然界での微生物活動を解析するには、遺伝子の水平伝播を考慮しなければならない。微生物では、系統群が必ずしも機能を代表しない例が数多く知られている。さて、自然界の環境変動にともなう微生物活動の観測では、細胞数と細胞サイズの計測、形態や集落形成の観察、プローブによる識別染色の観察、また現場培養などの手法が使われている。現場観測の結果を解釈する上で rRNA 遺伝子による多様性解析や遺伝子プローブによる検出が有用である。微生物活動の現場観測とメタゲノム解析との組合わせはより効率的な観測手法につながると考える。環境変動に対する多様性解析では、群集構成、生息環境の物理化学条件、細胞数や生物量などの時系列データが必要である。微生物では、分離菌株の保存データと遺伝子データが系統的に保存されているが、時空間変動を考慮した観測記録のデータベースがまだない。微生物の多様性変動の調査研究には、クリアリングハウス（clearing house）方式やデータベースによる情報共有が必要である。

S16-1

生物多様性地域戦略の役割

* 西田貴明，阿部剛志（MURC）

生物多様性地域戦略（地域戦略）とは、地方自治体ごとに策定される地域の生物多様性の保全、管理、および自然資源を活用するため実施計画であり、ここに生態学の研究者が果たす役割は極めて大きい。生物、生態系の保全にあたっては、地域の特異性、固有性が重要であることから、地方自治体、および地域における保全活動の重要性は、条約の締結当初から認識されていた。２００７年に地方自治体が参加する初めての都市と生物多様性に関する会議において、「生物多様性の保全には、地方自治体の行動が中心的な役割を果たす必要があり、都市の生物多様性保全への参画が必要である」とのクリチバ宣言が採択された。さらに、２００８年の COP9 では、「都市及び地方自治体の参画促進」が採択され、地方自治体が果たす役割が明確になった。これらの国際的な動向の中で、我が国では、２００８年に生物多様性基本法が制定され、その第 13 条第１項において､地域戦略の策定が努力義務化されている。地域戦略は､言わば､自然社会条件に合致した生物多様性保全や持続可能な利用を行うための現場での実施計画であると捉えられる。地域戦略の策定は、地域の特性を踏まえた現場での実際的な保全計画をつくることであり、これにより地域に根付いた保全活動が誘発されることが期待される。さらに、全国の自治体が多様な目標を持った戦略を策定、運用することで、マクロスケールにおける地域の多様性も創出されると考えられる。地域戦略は、既に１０程度の自治体で策定され、多数の自治体が策定している途中にある。この地域戦略の策定や運用を効果的かつ効率的に行うために、専門知識技術を持った生態学の研究者が、地域の社会経済的な状況を考慮に入れ、行政機関の役割との整合性を図りつつ、関わっていくことが期待されている。

S16-2

地方分権・自立自耕時代における農山漁村の地域戦略－農山漁村地域の事例を中心に－

日鷹一雅（愛媛大学・農学部）

“Biodiversity”は、1980年代E.O.Wilsonが提唱した概念であり、保全と利活用の二つの面を持つ概念である。保全と活用は、時に二律相反的に矛盾をきたすことがあり、地域の現場においてそれがよく起こる。なぜなら、利活用を前提にした生物多様性の保全なら広く一般に受容されるが、研究者など一部の想いで生物多様性を保全しようとしても、独りよがりに陥りやすい。生態学者の多くは生態系サービスを駆使して、保全と活用の間を埋めようと意図、画策するが、必ずしも成功するとは限らない。その原因は二つあるように思える。一つは、生物多様性が必ずしも生態系の安定性に結びつかない（橘川　1980）ように、生態系サービスは恒常的ではなく不確定だからである。もう一つは、生物多様性を政策化あるいは経済化を誘発しても、国際、国家、地方、県、市町村などコミュニティーなど大小様々な社会レベルで、生態系サービスの質と量は不確定性を伴うからである。私達は、多様な様相の生態系や群集と人間社会の総合的な環境系に対して、不確定性の少ない政策や経済をどのように構築し導入したらいいのだろうか。この命題について、大きな社会レベルからのトップ・ダウンの試行錯誤より、小さい社会レベルからの多様な試行錯誤への支援と、適正なフィードバックの仕組みつくりが重要になるであろう。とくに農山漁村はその典型である。演者が関係するいくつかの地方行政レベルの生物多様性保全施策の事例の中から、それらの取り組みを紹介するとともに、今後を展望したく思う。首都圏などごく一部の大都市とは異なる多数の少子高齢化傾向の地方の日本人個体群を前提にした場合、「そこだけにしかない」生物多様性を保全・利活用するためには、「そこだけでしかない」地域コミュニティーの持続性を保全･修復することが急務である。少なくとも、この難題を生態学者だけで何とかできるものでもなく、多様なる協働が重要である。

S16-3

地方博物館が地域戦略策定に果たす役割－兵庫県の事例を中心に－

橋本佳延（兵庫県博）

ひょうご戦略は、1年1か月の準備・審議期間を経て09年3月に策定された。

地方博物館が戦略策定に関わる利点には、(1)必要な地域の生物情報の蓄積と整理を日常的に行っているために、策定時に速やかに情報が提供できること、(2)生物多様性を理解する人材を擁し、戦略担当者に密にレクチャーすることで素案作成が円滑に行われること、(3)ナチュラリストや研究者との日常的な情報交流を行っており県土の生物多様性の状況を可能な限り反映させられること、(4)行政組織であり、担当部局との協議・情報提供が密に円滑に出来ることや、(5)他部局事業の委員を担う館員が縦割り行政をつなぐ横糸の役割を果たせること等がある。

ひょうご戦略では、県担当部局の直接的な事業展開だけでなく、様々な主体がこの課題に取り組めるような環境を整えることを重視している。特に、(1)生物多様性の保全に関わる指標群やマニュアルの整備（分類群に加え生態系のＲＤＢ策定､外来生物ブラックリスト、生物多様性配慮指針など）、(2)生物多様性の取組を支援する体制の整備（アドバイザー制度、生物多様性支援拠点の整備など）に重点を置いている。

地方戦略の課題には、(1)戦略担当部局は予算・施策への発言力に恵まれない場合が多い、(2)“保全”に偏り、“持続可能な利用”の視点が盛り込まれにくい、等がある。(1)の解決には、戦略の中に、環境分野以外の部局や県下の市町、企業や市民が生物多様性の課題に積極的に関われる・関わらざるを得ない仕組みを“戦略的に”盛り込む必要がある。(2)の解決は､「生物多様性を保全することが地域の活性化につながる」と実感できる具体的施策を提供することが求められる。博物館は、本業である環境学習支援の取組を通じて、その施策の実現に貢献する可能性を秘めている。

S16-4

地域戦略の策定状況と自治体が抱える課題

* 山本清隆，豊野基（東京市町村自治調査会），阿部剛志（MURC）

生物多様性地域戦略（以下、「戦略」）は既に10数自治体で策定され、今後も一定の増加が見込まれるが、生物多様性の保全と持続可能な利用を地域レベルで普及･定着させるためには､生物資源や市民･企業活動と密接にかかわる基礎自治体で戦略に基づく施策・事業の実行を主流化することが求められる。

しかし、2010年10月に首都圏、関西圏で実施したアンケート調査では「当面の策定予定はない」とする自治体が大半を占め、その傾向は基礎自治体で顕著であった。

基礎自治体での戦略策定意向が低い要因として、生態系の保全施策・事業は多くの自治体で最上位計画である総合計画や、環境分野の分野別計画において既に体系的に位置づけられており、首長等による強い政策的判断がない場合は短期的な費用対効果を見出しにくい施策を新たに推進することは困難であること、また、管轄区域を超える生態系の保全施策を展開する際の周辺市町村との調整基盤がないことや広域自治体である都道府県の戦略との役割分担が曖昧である点などがあげられる。

こうした状況を踏まえると、基礎自治体における戦略策定の主流化に向けたアプローチとしては、生態系の保全という「環境戦略」に加え、全ての基礎自治体において重要な政策課題である地域生活･域内経済の持続性（活性化）と生態系サービスの持続可能な利用との関係性を見つめなおし、その関係性をまちづくりや産業施策と結びつける地域固有の「経済戦略」の側面を戦略へ明確に位置づけることが有効である。

この検討プロセスでは生態学の科学的・専門的見地を駆使しつつ、既存政策体系を踏まえた効果的な施策の位置づけ方や、施策実施による地域経済への効果・影響の評価などを併せて行うことが重要であり、基礎自治体の戦略策定現場では、地域政策の総合的な視点を有した生態学者の協力が求められている。

S16-5

法学からみた地域戦略の意義

及川敬貴（横浜国立大学・環境情報）

変化の速度が速く、玉石混交の情報があふれる中で、将来のシナリオを描くことの重要性が高まっている。シナリオとは「将来起きる可能性のある事態について、科学的な側面、価値や経済システム、社会構造、政策、およびさまざまな確実性と不確実性を考慮しながら作成した「台本」」である。

生物多様性地域戦略には、当該地域の資源管理のシナリオの役割を果たすことが期待される。わが国における地域社会の今後を考えた場合、少子高齢社会の影響（例：里山等への「手入れ」（例：下草刈り）不足）が地域ごとに異なり、各種資源が偏在することからしても、資源管理のシナリオは日本全国で同一とはなりえない。また、地方分権の進展によって、制定法上の資源管理関連の権限の多くが、今後益々自治体へ移譲されることも合理的に予測可能である。これらの動向を踏まえた場合、資源管理については、地域の数だけシナリオが作られなければならない時代が到来しつつあるように見える。

かかる意味で、地域戦略が法律に策定根拠を有する行政計画として認められた意義は大きい（生物多様性基本法13条）。シナリオといっても、演劇のシナリオや法律にもとづかない政策文書まで様々であるが、法律を根拠として書かれるシナリオ（＝生物多様性地域戦略という法定戦略）は、地域の意思決定（例：予算の配分や新たな政策的措置の提案）へ多大な影響を及ぼしうる。法律は、国権の最高機関である国会の議決を経て作られたルール（規範）であり、これにもとづくシナリオ（＝生物多様性地域戦略）に沿って地域の資源管理の中身をデザインし、実行していくことは、間接的ではあれども、日本国民の意思を体現することにもなる。

S16-6

林業振興に生物多様性保全はなぜ必要か

相川高信（MURC）

1993年のリオの地球サミットでは、生物多様性保全条約と同時に「森林原則声明」が採択された。この声明に沿って、世界では「持続可能な森林経営」をキーワードに、持続可能性の指標・基準づくりや、森林のモニタリング、森林認証の取得等の取組が行なわれてきた。欧米先進国ではこれらの動きに対して積極的に取り組み、着実に成果が上がっているのに対して、日本では林業採算性の急激な悪化や、森林吸収源対策への過度の依存等により、これらの取組は必ずしも十分に行なわれてこなかった。

そんな中、民主党政権の意向で、農林水産省は2009年末「森林・林業再生プラン」を発表し、現在、日本の森林・林業は大きな転換期を迎えている。同プランは、小規模分散の林地の団地化や路網整備、機械化の推進などにより、2020年での木材自給率50%以上を目標としている。地域レベルでは、市町村レベル及び数10～数100ha程度の規模での森林経営や路網整備のための計画が、ボトムアップ型でそれぞれ策定される。生物多様性を含む公益的機能の保全は、その計画の中で担保されることになっている。したがって、地域レベルでの生物多様性保全についての科学的知見に対するニーズが飛躍的に高まるとともに、研究者を始めとした専門家の参画が期待されている。

他方、再生プランは、林業のコスト削減を重点課題としているが、日本林業の経済・社会的条件を考えると、グローバルなコスト競争に打ち勝つことは現実的ではない。したがって、農業・地域政策との複合化や、生物多様性保全機能の環境価値の顕在化等の手法を駆使して、森林及び地域の経営を支えていく仕組みが必要である。ただしその際は、すでに欧州の農業で行なわれているように、「クロスコンプライアンス」と呼ばれる、環境保全の定量的な評価が社会的に要求されるようになるだろう。

S16-7

生物多様性保全に向けた地域活動の推進手法

* 阿辺一郎，平田弘成（農林水産省農村振興局）

生物多様性保全に向けた地域活動の推進手法

農林水産省農村振興局農村環境課　阿辺一郎、平田弘成

要　旨

我が国の農地生態系は、農地の利用管理の縮小や外来生物の増加などを主な要因として、その生物多様性が大きく損なわれつつあることが懸念されている。本来、我が国農村の豊かな生物多様性は、農業等の人間活動と自然の調和によって成り立ってきた。このため、農地生態系の生物多様性の再生には、地域の人と自然とのつながりを再構築することが重要である。

地域の人と自然とのつながりは、地域の多様な主体による「地域の生物多様性を知る－理解する－守る」の３つのプロセスの実践が必要である。農林水産省では、「田んぼの生きもの調査」によって農村地域の生物調査を推進し、地域の保全意識を啓発してきた。また、環境省のモニタリング1000や国土交通省の河川水辺の国勢調査など、様々な機関において地域の自然環境の調査が行われている。しかし、近年では、「生物多様性を知る」ことに重きをおいた既存の取組に加え、これまで醸成してきた地域の保全意識を保全活動へ昇華させる手法が必要となっている。

このため、農林水産省では、「地域の生物多様性を知る－理解する－守る」を提供する「農村地域の生物多様性把握・保全手法」を検討している。本手法では、生物調査の手順のほか、地域住民自らが生物多様性の状況を評価・理解する手法や、地域住民の手によって実施可能な保全対策を盛り込み、これらを有機的に結び付けて一連のプロセスとして整理している。また、地域の主体が興味関心を持ちやすい「生態系サービスをもたらす生物」を含めたことも特徴的である。さらに、本手法の検討では、全国の農村地域の多様な主体の参画を得た実証調査を行っており、実際の利用者の目線に基づく手法の開発を重視している。

本発表では、現在までの検討状況と今後の地域の保全活動を促すポイントについて紹介する。

企画集会

T01	ヒグマ出没の裏を読み解く－森とクマと人と－
T02	アジア・太平洋地域の植生の分布と分化 V －熱帯山地への郷愁－
T03	Micro-evo-devo：進化発生学と生態学の融合
T04	社会的意思決定に必要なデータ収集と解析
T05	ニッチはどこへゆくのか：繁殖干渉による群集パターンの統一的説明
T06	ユネスコ MAB（人間と生物圏）計画 －日本発ユネスコ・エコパーク制度の構築に向けて
T07	藻類の群集構造と進化動態～理論と実証～
T08	琵琶湖淀川水系における外来種管理：モデルケースの提示と今後の課題
T09	適応進化における形質間の機能的・遺伝的つながりの意義
T10	博物館の生態学 7 －生物多様性保全のシンクタンクを目指して－
T11	生態学者のためのゲノミクスアプローチ ~ 理論、手法から実証まで ~
T12	生物相互作用が引き起こす適応ダイナミクス
T13	日本の海の生物多様性保全のために学会ができること
T14	景観変化と生物多様性の時間的ダイナミクス
T15	もしも生態学者が市長になったら？ ー経済学から見た生態系サービスと生態学から見た生態系管理ー
T16	外来生物法の見直しと将来
T17	迅速な適応性（第 3 回）－細胞から群集まで
T18	そんなに閾（しきい）は高くない！：生態系管理における生態学的閾値の応用と課題
T19	群集生態学と生物地理学をつなぐメソスケールアプローチ
T20	Facilitation を理解／応用するための理論基盤の整備にむけて
T21	種間相互作用の島嶼生物地理
T22	生態系を時間軸でとらえる：炭素循環における遅れ現象
T23	里地における水田普通種減少の実態と謎解き
T24	増加する風車 －北海道から発信する風力発電問題 －

T01-1

渡島半島地域におけるヒグマ捕獲数の長期データから見た行動の変化

間野 勉（道総研環境研セ）

一般に、狩猟鳥獣の捕獲数の変動には、捕獲対象となる鳥獣の生息数のほか、捕獲効率に影響する狩猟制度や狩猟者数、さらには鳥獣の行動に影響する食物条件などの環境要因の変動も大きく影響すると考えられる。北海道渡島半島地域には、半島基部の黒松内定地帯を北の境界としてほぼ隔離されたヒグマ (*Ursus arctos*) 個体群が存在する。この地域におけるヒグマの捕獲数は 1990 年代の年間平均捕獲数 65 頭から 2000 年代には 105 頭と 63%増加し、1990 年から 2009 年までの 20 年間に平均年 5%の増加傾向を示した。次に、ヒグマの利用する食物資源を考慮した春（1 ～ 4 月）、初夏（5 ～ 7 月）、晩夏・初秋（8, 9 月）、秋（10 ～ 12 月）の季節区分で捕獲数の動向が異なることが判明した。初夏および晩夏・初秋では有意な増加傾向が見られたのに対し、春と秋の捕獲数には顕著な増減傾向は見られなかった。生息数の増加が捕獲数の増加の要因であるとすれば、季節にかかわらず同様の動向を示すと考えられるにもかかわらず、以上のような特徴が見られた要因として、ヒグマの行動様式の変化が考えられた。初夏、晩夏・初秋の捕獲のほとんどが、ヒグマの生息域と農地や市街地との境界付近において実施されていることから、この時期の捕獲数の増加は人間の生活域周辺におけるヒグマの活動頻度の増加を反映していると考えられる。また、ヒグマによる農作物被害が一年で最も顕著な晩夏・初秋の捕獲数は、農業被害防止のために駆除された個体数を反映していることから、農作物の食害を学習した個体の急増が示唆される。

T01-2

ヒグマの被害を受けやすい農地の立地条件：渡島半島森町の事例から

長坂晶子（道総研林業試）

北海道南西部の渡島半島地域は，平野部が少なくヒグマ本来の生息域である森林と，人間の活動域である農地が近接しており，ヒグマの農地への出没や農作物の食害が頻発している。各町村で記録しているヒグマ出没情報によれば，農地への出没は 6，7 月頃から見られるようになり，農作物が成長し，収穫を迎え始める 8，9 月に食害が発生する。食害が繰り返し起きた場合，被害防除対策は捕殺に頼っているのが現状だが，捕殺以外の対策として，電気柵の設置や農地周辺の刈り払いなどの有効性も確認されており，これら非致死的かつ予防的（→ヒグマを農地に近づけない，農作物を餌と学習させない）措置の推進も今後より必要になってくると思われる。このとき，ヒグマが出没しやすい農地の立地条件が予めわかっていれば，効率的・効果的に対策を講じることができると考えられる。そこで，農地への出没記録が詳細な渡島半島森町を研究対象地とし，ヒグマの被害を受けやすい農地の立地条件を解析し，その結果から出没要因について考察した。森町役場が整備した 1991 年～ 2007 年までの記録から，農地への出没が明らかな位置情報 145 件（農地 65 箇所）を使用し，出没の有無を目的変数とした。また，①農地面積，②農地に隣接する森林の距離，③～⑥民家，送電線，河川，道路各々からの最短距離，⑦地形の複雑さ（標高の変動係数），⑧～⑯農地の 500m 以内に含まれる各植生被覆の面積割合（常緑針葉樹，広葉樹，カラマツ林，ササ，伐採跡地，草地，民家，人工物，果樹園の 9 区分），を説明変数とし，一般化線形モデルにより分析した。分析の結果，送電線に近く，地形がより複雑で，周囲に広葉樹林とカラマツ林が多く，民家から遠い農地に出没しやすいという結果が示された。講演では，同地域で得たヒグマ 5 頭の GPS テレメトリデータと併せて，これらの立地条件がどのような意味を持っているか考察する。

T01-3

ブナ・ミズナラの豊凶とヒグマ出没との関係

今 博計（道総研林業試）

北海道南西部の渡島半島地域は，様々なヒグマの事故や被害が生じており，具体的で効果的なヒグマ対策の確立が急がれている。ヒグマ対策には，ヒグマの生息動向を把握し予測することが必要である。この際に，ヒグマの食料源としての植物果実の豊凶が，その年の行動圏の大小や出産数を規定している可能性が考えられる。渡島半島におけるヒグマの捕獲数は年変動が激しく，較差は 5 ～ 6 倍に達する。また，捕獲時期は 8 月下旬から 10 月下旬が突出しており，秋季の食物資源の変動が生息動向に影響している可能性が高い。秋季の食物資源には様々な果実が含まれるが，現存量・栄養価・年変動などから考え，ブナ・ミズナラの種子生産量が秋季のヒグマの行動に大きな影響を及ぼしていると思われる。本研究は，1991 ～ 99 年，2002 ～ 2009 年の渡島半島地域におけるブナ・ミズナラの種子生産量の変動およびその年のヒグマ捕獲との関係について検討を行った。

旬別捕獲数の相関分析の結果，晩夏（8 月下旬～ 9 月）の捕獲数と秋季（10 ～ 11 月）の捕獲数との間には，関係性が認められなかったが，10 月と 11 月の間には正の相関関係が認められた。これは，ブナ・ミズナラが利用できる時期を境にヒグマの行動が変化していることを示唆していた。次に，秋季（10 ～ 11 月）のヒグマの捕獲数とブナ・ミズナラの豊凶の関係を明らかにするため，一般化線形モデル分析を行った。その結果，秋季の捕獲数は，オス・メスともブナ種子数とミズナラ種子数および前年の総捕獲数に影響を受けていることが明らかになった。これは，ブナとミズナラの結実量が少ない年に，ヒグマが餌を求めて人里まで行動圏を拡げ捕獲されるという仮説を支持していた。

T01-4

ヒグマによる農作物への食害とその発生要因：富良野市および浦幌町における事例から

佐藤喜和（日大生物）

北海道におけるヒグマと人間の軋轢のうち大きな割合を占める農作物への食害について，渡島半島以外の事例をもとに検討した。多くの地域で，人間と軋轢を起こしたヒグマに対する対策は，駆除である。駆除された個体の胃内容物分析により，渡島半島を含む道内全域で，8-9 月をピークに農作物が高い割合で利用されていることが明らかとなった。こうした食害は，年を追うごとに増加の傾向にある。その原因の一つとして生息数の増加が指摘されるが，北海道東部浦幌地域における研究では，少なくとも 20-30 年前との比較では増加の傾向は認められず，むしろ夏のヒグマの行動圏がいわゆる奥山よりも農地や集落に近い里山にシフトしていることによる可能性が示唆された。また，食害の程度に対する堅果類の結実量の変動の影響に関しては，秋にミズナラ堅果を主食とする北海道中央部富良野市における研究で，凶作年には農作物への食害期間が延長し，10-11 月まで農作物を利用することが確かめられた。一方豊作年でもミズナラ成熟前の 8-9 月には農作物への食害が見られたことから，ミズナラ堅果の結実量だけでなく，農作物利用の常習化が起きていることが予想された。また，北海道東部では，農作物への食害期間が他地域より長く 6-7 月から発生していた。浦幌地域では，有害駆除も 6-7 月に多く発生する傾向にあった。その原因として，ヒグマにとっての利用可能期間の長いテンサイが食害されていることの他，同じく農作物の食害の結果駆除されているエゾシカの死体が農地周辺で利用可能であること，交尾期に当たる 6-7 月にヒグマへの強い駆除圧がかかることで，他地域からのオスの移入が促進されている可能性が示唆された。浦幌地域におけるヒグマの農地出没パターンの解析により，ヒグマによる被害を受けやすい農地の立地条件として，山間にあり，ヒグマの生息地である森林と接する距離の長い農地があげられた。

T01-5

有害駆除が発生するエコトーン：知床地域の事例

森本淳子（北大院農）

野生動物と人間の軋轢（農林業被害や人的被害の発生・予見やそれに伴う有害駆除）は、近年、世界的な問題である。野生動物とヒトの軋轢は、野生動物の行動圏と人間の活動圏が重なる領域で発生することが確認されている。軋轢が発生した際の最も即効性のある解決法は、駆除である。しかし、野生動物から得られる生態系サービスと福利を最大にするは、無駄な殺傷を避けることが望ましい。クマ類は、世界中で軋轢問題にとりあげられる動物のひとつである。北アメリカに生息する grizzly bear（*Ursus arctos horribilis*）や、日本に生息するツキノワグマ（*Ursus thibetanus*）については、軋轢の発生を予防するため、軋轢を引き起こしやすい広域的な環境特性の把握が進められてきた。しかし、日本では地域的な絶滅危惧に瀕するヒグマ（*U. arctos yesoensis*）については、このような知見はまだ不足している。ここでは、日本で最もヒグマの生息密度が高いといわれる知床地域における、ヒグマとヒトの軋轢発生空間の特性を、ヒグマの活動領域とヒトの活動領域のエコトーンに着目して解析した結果を報告する。用いたデータは、ヒグマが捕獲された際に調査され、５倍地域メッシュに整理された捕獲頭数（道環境研）およびエコトーン（森林－畑地・牧草地・市街地の境界の有無、森林に囲まれた道路の有無、漁師小屋の有無、周囲が人工的土地利用に囲まれサケが遡上する河川の有無）の集計値である。解析の結果、年間通して軋轢の発生している空間（漁師小屋周辺、森林と市街地のエコトーン）や、季節性のある軋轢発生空間（森林と畑地のエコトーン、サケ遡上河川と市街地のエコトーン）があることが判明した。

T02-1

キナバル山における山地林の組成と構造

相場慎一郎（鹿児島大・理）

キナバル山はボルネオ北部（北緯６度）に位置し、山頂の標高は4095 m、ニューギニアとヒマラヤの間の東南アジア熱帯で一番高い山である。キナバル山は花崗岩・堆積岩・蛇紋岩・第四紀堆積物など多様な地質が存在する点でもユニークである。これら標高・地質条件の多様性を反映し、キナバル山周辺の面積約 1200km^2 の地域は約 5000 種の維管束植物を産し、世界でもっとも植物多様性が高い地域のひとつとなっている。

キナバル山の標高 1200 m以下には、ボルネオ低地に一般的な混交フタバガキ林が成立するが、それ以上にはフタバガキ科をほとんどまたは全く欠く熱帯山地林が成立する。キナバル山地林の構造・相観は、日本の照葉樹林に似ており、「郷愁」を感じる。しかし、調査区の樹木組成を調べてみると、優占するのはフトモモ科とマキ科の樹種であり、「郷愁」は勘違いであったことに気づく。とりわけ、フトモモ科フトモモ属（*Syzygium*）の種多様性が際立つ。ブナ科とクスノキ科も種数は多いが、優占度ではフトモモ科とマキ科に及ばない。フトモモ属はキナバル山の低地林にも多くの種が出現し、フタバガキ科からなる巨大高木層の下の林冠層の優占属のひとつとなっている。なお、フトモモ属はボルネオに 200 種以上があり、ボルネオ産樹木では最大の属である。

東南アジアの山地林は日本の照葉樹林と同様、ブナ科とクスノキ科によって特徴づけられると言われてきた。アジア大陸部の山地林、ジャワ島やスマトラ島の火山ではそのとおりかもしれない。しかし、キナバルの山地林を含めてマレー半島・ボルネオの非火山性山地では、フトモモ科とマキ科が優占することのほうが一般的な傾向である可能性がある。

T02-2

北タイ・雲南の山地林の特性－植生地理学的視点から－

原 正利（千葉県博・生態・環境研究）

中国雲南省からミャンマー、ラオス、タイにかけての広大な山岳地域は、気候帯としては熱帯および亜熱帯に属し、植物地理学的には全北区系界（日華区系）と旧熱帯植物区系界（インドシナ区系）の境界域である。インドモンスーン気候下にあり、明瞭な乾季があるが、山地上部は雲霧帯となり年間を通して湿潤である。ここは、山地の植生が熱帯から亜熱帯にかけて水平的にどのように推移していくかを明らかすることが可能な、研究上、興味深い地域であるが、植生に関する研究は不足し、また散逸しており、植生地理学的なヴィジョンは得られていない。本講演では、まず、本地域の南端に近い北タイのドイインタノン（海抜 2,565m）における、植生の垂直分布帯や山地林の種組成の植物地理学的特徴について述べ、次に雲南省中・南部の山地植生について文献情報も含めて整理し、植生地理学的な視点から、この地域の山地林の特性について考えてみたい。

ドイインタノンでは、海抜 1,000m 以下では落葉性のフタバガキ科樹種が優占する乾生フタバガキ林（DDF）が卓越している。海抜 1,000m を越えると DDF の構成種は見られなくなり、多様なブナ科の樹種が優占する森林（ただし大部分は２次林）となる。海抜 1,500m 付近を境に再び植生が変化して樹幹の着生植物が目立つようになり、遺存種と考えられるミズキ科の *Mastixia euonymoides* が優占する樹高 50m 以上に達する高木林となる。この森林ではクスノキ科の種多様性も極めて高い。*Mastixia* の垂直的な分布範囲は比較的狭く、海抜 1,900m 付近で消失し、再びブナ科の樹種が優占する森林へと変化する。樹高は 20m 前後にまで低下し、着生植物が増加して蘚苔林の様相を呈するようになる。頂上付近はブナ科の植物も欠落し、フトモモ科の *Eugenia* が優占する森林となっている。

T02-3

島嶼状に分布する東アフリカ山地林：垂直方向の種組成変化

古川拓哉（横浜国大・環境情報）

アフリカ大陸には東側の大地溝帯を中心に南北に島嶼状に山地が分布し、アフリカ山地林（Afromontane Forest）が成立している。これらの山地林は数千キロの地理的分断を超えて共通の種・属が分布するフロラの豊かな植生区界（Afromontane archipelago-like center of endemism）として、低標高のサバンナや半乾燥地、高標高のアフリカ高山帯とは区別されている。

乾燥が卓越する東アフリカでは、大陸最高峰のキリマンジャロや第二位のケニア山を含め、大小様々な規模の山地林がサバンナや半乾燥地に分断されて成立している。大規模山地を中心に標高傾度、乾湿傾度などに沿った様々な森林群落の分布が報告され、著者らも研究がまだ少ない小規模山地に成立する乾燥林を中心に植生を調査してきた。

本発表では、アジアの熱帯山地林の比較として、アフリカ山地林の特徴をまず整理し、東アフリカの山地林を中心に垂直方向の種組成変化を紹介する。

T02-4

マレーシア低地林と丘陵林の組成比較

目黒伸一（国際生態学セ）

東南アジア熱帯雨林における植生はその相観やライントランゼクト法による調査などによって調べられているが、植物社会学的方法による種組成の把握はほとんどなされていない。そこで演者はコドラート内に生育する全ての植物を記載したいわゆる植物社会学的方法に則った植生調査を行ってきた。

今回発表する調査地はボルネオ島サバ州を中心と、海抜25 mから2210 mまでの森林を調査対象とした。低地では*Shorea johoreensis, Parashorea tomentella, Dryobalanops lanceolata*などフタバガキ科樹種を多く含むいわゆる熱帯雨林が成立し、標高500 m前後から1200 mまでの低地熱帯雨林上部でもフタバガキ科樹種が多く出現するが、種の入れ替わりがみられた。例えば隣のサラワク州では低地からみられる*Shorea ovata*はサバ州ではこの領域で出現するなど種の特徴的な出現パターンが見受けられた。より上部の低地林では*Lithocarpus bullatus, Quercus elmeri, Castanopsis clemensii*などのブナ科植物が混生するようになり、海抜1200 mを超えるとブナ科の*Trigonobalanus verticillata*やフタバガキ科の*Shorea monticola*が特徴的に林冠を構成する下部山地林が出現していた。

標高1900 m以上では上部山地林が形成され、キナバル山やニュージーランド、タスマニア島でみられる*Phyllocladus*属、*Dacrydium*属の樹種ほかに、*Magnolia*属、*Litsea*属、Prunus属、*Clethra*属、*Elaeocarpus*属など北半球温帯林でみられる属や科の樹種が多く構成種として出現しており、ブナ科などとともに中新世以降の分布の拡大と遺存における東南アジアの森林の特徴が示唆された。

T03-1

裏しかない葉「単面葉」における平たい葉身の発生と進化

山口 貴大（基生研）

葉は効率良く光合成を行うために、表側と裏側の性質をもつ平たい形になるのが特徴で、このような一般的な葉を「両面葉」という。一方、アヤメ科やネギ科植物等、一部の単子葉植物は、「単面葉」という裏側だけで構成される葉を持つ。我々は、植物における発生進化学的研究対象としてこの単面葉に着目し、葉の形態が多様で分子遺伝学的研究に適しているイグサ属植物をモデル系として、独自の研究基盤を整備するとともに、その発生進化機構に関する新規な知見を得つつある。本発表では、単面葉の平面化機構に着目した研究結果を報告する。

近年の両面葉のモデル植物を用いた研究により、葉は表側と裏側の境界面で細胞増殖が促進されることで、光受容に適した平たい形になることが明らかにされている。実際、葉が表裏の性質を失った突然変異体では、葉は伸長することができないために丸い断面をもつ棒状の形になる。これに対して単面葉では、中にはネギのように丸い断面の葉をつくる植物もあるが、多くの場合、裏側しか持たないにも関わらず、アヤメのように平面化した葉を作る。つまり、単面葉は、両面葉とは異なる機構で平面化し、平たい葉は両面葉と単面葉で独立に進化した形質であると考えられる。

我々は、単面葉の葉身平面化機構を解明するために、２種の近縁なイグサ属植物、平たい単面葉をもつコウガイゼキショウと、丸い単面葉をもつハリコウガイゼキショウを用いた分子遺伝学的解析を行った。まず発生学的解析と遺伝子発現解析により、その制御に深く関わる因子群を同定し、次に種間雑種を用いた遺伝解析により、これらの因子の１つが、２種間の葉身の平面成長性の差に直接的に関与することを明らかにした。さらにこの因子には、２種間で発現調節因子の活性が異なる可能性が認められた。これらの結果を統合し、単面葉の平面化機構を提唱するとともに、平たい葉身をもつ単面葉の進化機構を議論する。

T03-2

ショウジョウバエの暗所環境への適応のメカニズム

布施 直之（京都大・理）

生物の多様性は生物がそれぞれの環境に適応し進化した結果と考えられるが、その過程を実験的に検証することは困難である。京都大学動物学教室には56年間、1400世代に渡って暗闇で飼育されたショウジョウバエがいる。この希有な研究材料は「暗黒ショウジョウバエ」と名付けられた。暗黒ショウジョウバエではゲノムがどのように変化し、どのような形質に変化しているのか？その形質は暗闇に適応的なのか？環境、形質、ゲノムを結びつけることによって、環境適応の分子メカニズムにアプローチしたい。私達は、視覚や嗅覚などの感覚情報を統合した行動である求愛行動に注目した。暗黒バエでは求愛行動のパターンは正常であったが、交尾までの時間が顕著に短くなっていた。雄と雌の組み合わせを変えた実験から、暗黒バエの雄と雌の相互作用が求愛行動を強化することがわかった。この相互作用は暗所で働くので、フェロモンなどの化学シグナルや求愛ソングなどの聴覚シグナルが関与すると考えられる。次世代シークエンサーを用いて暗黒バエの全ゲノム配列を決定した。データベースのゲノム配列との比較から、約400,000の１塩基多型（SNP）が同定された。SNPの約10%が遺伝子コード領域にマップされ、約2%が非同義置換であった。フェロモン受容などに関与する嗅覚レセプターと味覚レセプターの遺伝子を調べたところ、123遺伝子中43遺伝子でアミノ酸置換が認められた。この頻度はゲノム全体の平均と比較して高いと考えられる。今後、これらの遺伝子と求愛行動との関連を遺伝学的解析から検証していく。さらに、光受容に関与するロドプシン遺伝子を調べたところ、7遺伝子中１遺伝子にナンセンス変異が見つかった。このロドプシン（Rh7）の機能は知られていない。Rh7の野生型ハエでの機能と、暗黒バエの形質との関連も調べている。

T03-3

アブラムシの繁殖多型とその喪失を担う内分泌基盤

石川 麻乃（北海道大・環境）

アブラムシの多くの種では、春から夏にかけて胎生単為生殖雌が爆発的に増殖する一方、秋には雄と卵生雌が有性生殖を行い、卵で越冬する。このような季節に応じた繁殖様式の切り替え（繁殖多型）はほぼ全てのアブラムシ種で見られ、アブラムシの進化過程の初期に獲得されたと考えられる。一方、比較的温暖な地域では、繁殖多型を二次的に失い、単為生殖のみを行うアブラムシ集団が存在する。このような集団は、多くの種で複数回独立に生じていると考えられている。では、アブラムシで見られるこのような生活史の改変はどのような分子基盤の変化によって生じるのだろうか？本研究では、エンドウヒゲナガアブラムシ*Acyrthosiphon pisum*を用い、アブラムシの繁殖多型を担う制御機構を解析するとともに、本種において繁殖多型の喪失をもたらした内分泌基盤の解明を試みた。胎生単為生殖から卵生有性生殖への繁殖様式の切り替えは短日条件によって誘導されることが知られており、その候補制御因子として幼若ホルモン（JH）が挙げられてきた。そこで、長日／短日条件下で飼育した母虫の産子パターンを解析し、JH体内濃度測定、JH投与実験、JH関連遺伝子の発現解析を行った。その結果、短日条件下ではJHの分解を行うJHエステラーゼ（JHE）遺伝子の発現が上昇し、それによって引き起こされたJH濃度の低下が有性生殖への切り替えを引き起こすことが示唆された。次に、繁殖多型の喪失が独立に生じたと考えられる２つの日本国内のアブラムシ集団を用い、長日／短日条件下での体内JH濃度の測定、JH合成・分解に関わる遺伝子の発現解析を行った。その結果、これら２つの集団では、短日条件に応じた体内JH濃度の低下やJHE遺伝子の発現上昇が見られなかった。このことから、アブラムシにおいて複数回独立に生じている繁殖多型の喪失は、繁殖様式の切り替えを担うJH経路の日長応答性が改変されることによって生じたと考えられる。

T03-4

ハクサンハタザオからイブキハタザオへの標高適応を担う生理機能と分子基盤

永野 聡一郎（東北大・生命）

多くの植物はその生活史のほとんどを固着状態で過ごし、一度定着した環境による制約を受け入れなくてはならない。このため、植物の形態的、生理的機能は彼らの生存にきわめて重要な意味をもつと考えられる。標高傾度は比較的短距離のなかで急激な環境勾配をもたらす。また、環境の厳しさ（例えば、風による攪乱、紫外線強度、低温）は通常標高とともに増す。これらのことから、標高による環境要因の変化は植物にストレス要因・さらに選択圧として作用すると考えられる。これまで、高標高の厳しい生育環境に適応していると考えられる様々な表現型（短い茎、厚い葉、高い紫外線や低温への耐性）が報告されてきた。しかし、これら適応的形質がどのようなプロセスを経て獲得されるのかについては、これまで十分に明らかにされてこなかった。講演者らは、モデル植物シロイヌナズナと同属の野生種ハクサンハタザオ（ハクサン：低標高型）と本種から近畿地方の伊吹山周辺の高標高へ分化しつつある生態型であるイブキハタザオ（イブキ：高標高型）を対象に、植物の標高適応をゲノムレベルから表現型レベルまで包括的に明らかにする事を目標として研究を行ってきた。本講演では、標高傾度に沿って生育するハクサンとイブキについて、①現地で生育した植物の形態から生理的レベルに及ぶ表現型解析の結果や、②標高とともに増加する紫外線に対する生態型間の耐性の違いについて紹介する。また、③同所生育下の植物で明らかになった低温耐性の差異と、現在解析を進めている低温耐性獲得過程での遺伝子発現についても発表する。

T03-5

イトヨにおける内分泌シグナルの適応的進化

北野 潤（東北大・生命）

トゲウオ科魚類のイトヨは、約200万年の間に、急速な多様化を遂げた魚であり、また、全ゲノム配列を始めとするリソースが整ってきたことなどから、近縁種間での適応的分化の遺伝機構を解明するのに最適なモデル生物であるといえる。本発表では、イトヨが多様化を遂げる過程で生じた複数適応形質の分化の基盤として、ホルモンシグナルの進化に着目し、その遺伝的基盤を解析したので、その成果を報告する。

新規環境への適応には、複数の形質が同時に変化する必要がある。ホルモンは、内分泌器官から分泌されて全身に働きかけて複数の形質を同時に変化させる作用があることから、ホルモンシグナルの分化が生態型間の表現型分化、さらには、生殖隔離の基盤になっている可能性が考えられる。この仮説を検証する為に、トゲウオ科魚類のイトヨを用いて、生態型間のホルモンシグナルの分化を解析した。

イトヨでは、祖先型である海のイトヨが様々な淡水域へ侵出することによって、急速な多様化を遂げたが、この多様化の過程で、河川のイトヨが、代謝調節に重要な甲状腺ホルモンや甲状腺刺激ホルモンの量を低下させたこと、代謝活性や運動活性を低下させたことを見いだしたとともに、甲状腺刺激ホルモン量の低下がゲノム上の遺伝子調節領域のシス変異に由来することを突き止めた。淡水の河川に生息するイトヨは、海のイトヨのように外洋を回遊する必要がない上に、海と比べて河川には餌資源や溶存酸素濃度も低いことが多く、代謝活性や運動活性を下げることが有利であるのではないかと考えられる。

また、求愛行動や配偶者選択行動の異なる集団間比較によって、同所の近縁集団間でも性ホルモンなどの生殖に関わるホルモンシグナルが分化していることも見いだした。今後も、これらホルモンシグナルの分化が近縁な生物群間で生じた生態学的意義と分子遺伝機構の双方に迫っていきたい。

T04-1

獣害対策を仮説・妄信から脱却させ，科学的根拠に基づいた意志決定に導くための解析例

* 本田剛（山梨県総合農業技術センター）

獣害対策技術は数多く提案されているものの、その技術を利用することで得られる効果を正確に予測できることは少ない。これは、利用される技術が十分なデータの上に成り立っていないからである。例えば獣害が何故発生するのか、増加している理由は何かという農林業者の素朴な疑問にさえ、研究者は "科学的根拠をもって" 答えることができない。このような問いに対して、多くの専門家は仮説をあたかも定説であるかのごとく「拡大造林の影響」「過疎・高齢化」「耕作放棄地の増加」等を指摘し、回答とする。しかしこれら仮説は検証されない限り素人の思いつきの域を出ず、また仮説に基づいた対策に至っては獣害を減らすのか、逆に増加させてしまうのかさえ断定することができない。このような状況を打破するため、山梨県では被害データと植生・人間活動の関係を簡便な統計モデリングにより推定し、仮説を検証するための第一歩を踏み出した。この企画集会ではその一部を紹介する。調査地が山梨県に限定されるため、紹介する内容だけでは仮説検証としては不完全な面が残り、また統計モデリングのみで因果推論を行うことには限界がある。しかしこのような検証作業を積み上げることこそが獣害対策の基礎を築くはずである。

T04-2

外来生物防除のための時空間的な意思決定支援ツール～アカギとマングースを例に～

* 深澤圭太（自然環境研究センター），阿部愼太郎（環境省那覇自然環境事務所），小池文人（横浜国立大学），田中信行（森林総合研究所），大津佳代（日本森林技術協会）

外来生物の個体群は、増殖・分布拡大と人為的な防除によって大きな時空間変動をみせる。外来生物のパターン動態と防除戦略には密接な関係があるが、そこには時空間構造を持つデータ解析の困難さに加え、密度抑制に伴う情報不足という壁が立ちはだかり、データに基づく意思決定を困難にしていた。本講演においては、それを打開するための方法論を紹介する。

①不均一な景観における分布拡大パターン⇒外来生物防除の空間的優先順位

外来生物の分布拡大を散布と定着という 2 段階のプロセスとして記述する統計モデルを構築し、小笠原諸島母島のアカギを対象に分布拡大パターンからそれぞれのプロセスを同時推定した。その結果、アカギの分布拡大速度や潜在的なハビタットが明らかになり、分布拡大の抑制や在来植物への影響緩和のための空間的な管理の優先順位を判定することが可能となった。

②導入履歴と捕獲の時空間分布⇒防除の効果と根絶確認に必要な年数

導入履歴・捕獲データと個体群動態を関連付ける階層ベイズモデルを構築し、奄美大島のマングースの個体群サイズ動態と防除の効果を同時に推定した。さらに、ベイズの定理を用いて捕獲率から根絶確認に必要な年数の見積りを行った。

③複数種パターン動態⇒防除による外来捕食者インパクト軽減の評価

マングースおよび在来ネズミ 2 種・外来種クマネズミのパターン動態から、マングースの捕食インパクトを多種系に拡張した状態空間モデルにより明らかにした。在来ネズミの増加率はマングースの影響を強く受けていたが、現在の低下したマングース密度のもとでは島のほぼ全域で増加可能であった。また、クマネズミはマングースの影響をほとんど受けておらず、Mesopredator release の脅威は小さいことが明らかとなった。

T04-3

シカ・イノシシ保護管理のための意思決定支援システムの構築

* 岸本康誉，坂田宏志（兵庫県大学）

シカやイノシシの個体数増加に伴う農林業被害の深刻化に対して、都道府県では、特定鳥獣保護管理計画を策定し、様々な調査が実施されている。しかし、被害や個体数の動向把握のための調査フォーマットや個体数推定方法は都道府県によって異なり、その精度は一定していない。また、個体数推定そのものが困難な場合もあることに加え、将来予測については技術的な問題もある。その結果、各都道府県で取得されているモニタリングデータがシカやイノシシの管理のための意思決定につながっていない場合が多い。

これは、技術者の不足や、解析に必要なデータを継続的に取得する仕組みがないことに加え、データ収集と解析から、意思決定支援のために有効なアプトプットの作成までのプロセスが十分に確立していないことが大きな理由の一つである。

これらの状況を改善するために、演者らは、行政レベルでの意思決定を支援するための有効な指標や分析手法を確立するとともに、データ収集から分析、将来予測、意思決定までの一連のプロセスを再構築し、都道府県レベルで実施可能なシステムを開発している。

開発にあたって、農業集落単位の被害や、生息状況を推定するために必要な狩猟や有害捕獲の共通調査フォーマットの確立し、これらの一括入力機能を備えた自動入力システムを構築している。また、シカについては、目撃効率や糞塊密度等の複数の密度指標を用いた状態空間モデルを構築した個体数推定と将来予測の手法を開発した。さらに、捕獲計画を設定したシナリオ分析や、密度と被害程度との関係解析による管理目標値の設定などの意思決定支援のためのコンテンツを開発している。これらの全作業をシステム化した支援ソフトウェアパッケージを開発することにより、都道府県における分析・企画立案の能力と効率の向上が期待できる。

T04-4

水産資源管理におけるデータ収集の重要性とモデル解析の役割〜マグロ管理の意思決定を例に〜

* 黒田啓行，高橋紀夫，境磨・藤岡紘，伊藤智幸（水産総合研究センター遠洋水産研究所）

水産資源を持続的に利用するために、多くの漁業は漁獲量の制限などにより管理されている。漁獲許容量（TAC）は、現在の資源量などから算出されるが、データや知見の不足により、資源量を正確に推定することは難しい場合が多く、さらに将来の環境変動などを考慮することも容易でない。このような「不確実性」は、TAC の合意形成をはかる上で大きな障害となっている。

ミナミマグロは南半球高緯度に広く分布する回遊魚で、日本など 5 ヶ国が加盟するみなみまぐろ保存委員会（CCSBT）により管理されている。しかし、1990 年代後半、加盟国間で資源状態に関する見解が異なり、TAC に正式合意できない状況が続いた。この状況を打開するため、2002 年に CCSBT は科学委員会を中心として「管理方式」の開発を始めた。管理方式とは、「利用可能なデータから TAC を決めるためのルール」である。データの信頼性や資源動態に関する不確実性に対し頑健なルールを事前に設定できれば理想的である。しかし、頑健性を海上で実際に検証することは不可能に近いため、コンピューター上に資源動態を再現し、その「仮想現実モデル」のもとで、よりよい管理方式を選択するという作業が 2011 年 8 月の最終化を目指して行われている。

実際に管理方式の開発に携わっている者として、開発過程での苦労話も交えながら、各種データの収集、解析、さらにそれらの情報に基づく仮想現実モデルや管理方式の開発がどのようになされているか解説する。特に、これらの開発作業および管理そのものの全体デザインの重要性について言及する。また様々な利害関係者を抱えるマグロ管理における科学者の役割についても触れたい。

T05-1

イントロ：群集生態学の歴史と繁殖干渉

鈴木紀之（京大・農・昆虫生態）

企画集会の導入として、群集生態学の歴史の中で繁殖干渉の研究の意義づけを行い、各演者の発表内容を簡単に紹介します。種間競争は群集パターンを形作るのか、という問いは、群集生態学の黎明期から現代に至るまでの主要な論争であり続けています。ロトカ・ボルテラの競争方程式やガウゼの競争排除則に始まり、「種間競争」や「ニッチ」は生態学の中心的な概念でした。しかしその後、単純な資源競争は疑問視されるようになりました。その理由として、多くの種が同じニッチで共存していることや、多くの個体群が資源に対して平衡に達していないことなどが挙げられます。これらの「非平衡群集観」は、捕食や確率論的な作用が多種共存をもたらすという多元的な説明を経て、ハベルの「中立説」に発展しました。近年では、中立説の「すべての種の生態的特性は等しい」という現実離れした前提への反動からか、中立説の予測からの「ずれ」、すなわちニッチで説明されうるパターンを検出した研究が多く見られます。

しかし、資源競争が疑問視される中、ニッチを説明する普遍的な種間相互作用はあるのでしょうか。繁殖干渉は有性生殖する近縁種間なら生じうるので、植物、植食者、捕食者など分類群・機能群を問わず存在しているはずです。そのため、近縁種間だけで分布が排他的になること、実際の競争排除がきわめて急速なことなど、中立説や従来の資源競争では説明しにくかったパターンを理解できると思われます。野外に存在する無数の複雑な相互作用のうち、ニッチの形成にとってどれが重要でどれが重要でないかを調べていけば、「生態的特性が等しい」という中立説の前提の妥当性も明らかになってくると考えています。繁殖干渉による群集観の評価は、今後の実証研究にかかっているでしょう。

T05-2

繁殖干渉によって生じるアリー効果

* 京極大助（京大・農・昆虫生態）, 西田隆義（滋賀県立大・環境生態）

侵入外来種の根絶や希少種の保全といった応用上の要請から、アリー効果への関心が高まっている。アリー効果を引き起こすメカニズムについては、配偶相手の発見効率の低下、近親交配の増加をはじめ数多くとなえられているが、その原因が明らかでない例も少なくない。従来の研究においては捕食・被食以外の種間相互作用はほとんど考慮されてこなかったが、繁殖干渉はその頻度依存性によってアリー効果を引き起こすことが予測される。すなわち、干渉をするオスの数が一定であるなら、干渉を受けるメスの数が減るとメス１頭あたりが受ける干渉の効果が大きくなり、メスの適応度が低下することが期待される。この現象はアリー効果に他ならない。この予測を、すでに繁殖干渉の存在が明らかとなっているアズキゾウムシ－ヨツモンマメゾウムシ系で検証した。その結果、アズキゾウムシのオスが存在する場合に限りヨツモンマメゾウムシにアリー効果が見られた。この結果は、種間競争において正のフィードバックがかかり競争排除が生じるメカニズムなど、新たな個体群生態学的視点を提供している。また低密度個体群の管理のための方法論についても重要な示唆を与えている。

T05-3

生態的形質置換の理論研究

小沼順二（マンチェスター大・生命）

同所的に生息する種間の形質分化は「形質置換」とよばれ、「生態的形質置換」と「繁殖的形質置換」に分けられる。生態的形質置換とは資源利用に関わる形質の分化パターンを意味し、代表例としてフィンチの嘴の分化パターンがあげられる。同様の資源を利用する近縁種は資源競争が激しいため、資源競争を避けるように適応した結果、そのような分化パターンが種間で生じ得るのではと考えられている。

一方、繁殖的形質置換とは、交配相手認識に関わる形質の分化パターンと定義され、代表例として、ヨーロッパに生息する２種のヒタキの例があげられる。異種間どうしの交雑は雑種が生存できないなどのコストを伴う。そのような繁殖干渉を避けるように交配前隔離機構の強化の結果、繁殖に関与する形質が種間で分化するのではと考えられている。

Schluter（2000）は数多く存在する生態的形質置換の研究の中で実際に資源競争を観測したものが少ないことを主張し、「資源利用に関わる形質の分化は本当に資源競争が要因として生じたのだろうか」という問題提起を行った。この問題に対し、私は「生態的形質置換と思われている幾つかの研究は実際には資源競争が要因ではなく、繁殖干渉によって生じたのではないか」という仮説を立てた。

私は、以下の仮定のもと表現型のダイナミクスを記述する数理モデルを構築し、本仮説を検証した。（１）２種が資源競争と交配相手認識を行う（２）形質値が近い個体間ほど資源競争と交配相手認識が強い（３）雑種の生存率が低い。

結果は、形質が種認識のマーカーとして働きやすい場合、たとえ種間に資源競争が全く存在しない場合においても資源利用に関わる形質が分化するということを証明できた。この結果は、繁殖干渉によって生態的形質置換が生じることが理論的に十分生じ得ることを示している。本企画集会では、進化生態学における本仮説の意義について議論を行う。

T05-4

石垣に登ったイヌノフグリ：外来種の繁殖干渉による在来草本の形質分化・置換

高倉耕一（大阪市環科研）

繁殖干渉は種間において頻度依存的に作用するため、相互作用をする複数種の共存を極めて困難にすると考えられている。しかし、同時に繁殖干渉は配偶に関与する性的形質の分化を促すうることが理論的に予測され、性的形質の分化が生じたときには不可能であった共存が可能になるかもしれない。さらに言えば、性的形質に限らず種間の配偶機会を減少させるような形質の分化であれば、同様に繁殖干渉を及ぼしあう種同士の共存が可能になるだろう。つまり、繁殖干渉は性的形質だけでなくその他の形質の進化にも影響を及ぼす可能性がある。本講演で紹介するイヌノフグリにおけるハビタット分化は、そのような繁殖干渉がもたらした生態的形質における分化の一例かもしれない。

イヌノフグリはオオバコ科の在来草本で、環境省 RDB で絶滅危惧 II 類（VU）にランクされているやや稀少な種である。一方で近縁な外来種オオイヌノフグリ（以下オオイヌ）はほぼ日本全土に分布する普通種である。人工授粉実験から、この種間には繁殖干渉が存在し、それはオオイヌからイヌノフグリへの一方的な影響であることが示された。このことから、イヌノフグリが現在稀少になっている要因として、外来種オオイヌによる繁殖干渉が重要であると考えられた。

その一方で、現在のイヌノフグリは石垣環境特異的に生育することが知られている。しかし、オオイヌの侵入から間もないころに編纂された牧野植物図鑑には、「畑や道端にはえる」とだけ記載され、石垣環境への言及は特にない。イヌノフグリのハビタット利用は、オオイヌによる繁殖干渉によって分化したのかもしれない。そこで、演者らは瀬戸内海の島嶼地域で調査を行い、オオイヌ未侵入の島では、石垣ではなく「畑や道端にはえる」普通な雑草であることを明らかにした。これらの事実は外来種による繁殖干渉が生態的形質の分化をもたらした可能性を示唆するものである。

T05-5

捕食性テントウムシにおける寄主特殊化の進化

* 鈴木紀之（京大・農・昆虫生態），大澤直哉（京大・農・森林生態），西田隆義（滋賀県立大・環境生態）501

側所的分布の維持や外来種による在来種の駆逐など、繁殖干渉と生物の地理分布との関係については実証研究が蓄積されてきた。しかし、同所的に分布する近縁種間のニッチ分割や資源利用形質の多様化に与える影響についてはほとんど明らかになっていない。本研究では、ジェネラリストのナミテントウと同胞種でスペシャリストのクリサキテントウを用いて、繁殖干渉と寄主特殊化の関係について調べた。

ナミは多種のアブラムシを利用する普通種であるのに対し、クリサキのハビタットは松類に限定され、エサは資源量の少ない松類のアブラムシに依存している。興味深いことに、松類のアブラムシはテントウムシの幼虫にとって非常に捕まえにくいエサであるにもかかわらず、クリサキは子への投資量を増やし、かつ孵化幼虫の形態を特殊化することによって適応している。ただし、クリサキは子の数を犠牲にしていること、さらに飼育条件下では他のアブラムシも利用できることを考慮すると、ナミによる何らかの影響が食性幅を制限していると考えるのが妥当である。

そこで、ナミとクリサキの相対頻度を変えて、メス成虫の繁殖成功（同種オスと交尾できたかどうか）を調べた。その結果、ナミのメスでは相対頻度にかかわらず繁殖成功が高かったのに対し、クリサキでは少数派になるにつれて繁殖成功が著しく低下した。すなわち、クリサキは頻度依存的な繁殖干渉のコストを一方的に被っているといえる。この非対称な繁殖干渉が、クリサキが価値の低いエサに特殊化していることと、それに引き続く資源利用形質の進化に貢献していると考えられる。

T05-6

同所的オオオサムシ亜属種間の体サイズ差の意味：資源分割より優先される生殖隔離

* 奥崎穣（京大・理・動物生態），高見泰興（神大・人間発達環境），曽田貞滋（京大・理・動物生態）

生態的に似た複数の近縁種が共存するには、種間の資源競争と生殖干渉が緩和される必要がある。オサムシ科オオオサムシ亜属は、成虫期に多食性の捕食者であるが、幼虫期はミミズ専食である。またオスは異種のメスに対しても交尾行動を示す。彼らは分布域の大部分で 2-3 種が共存しており、同所的に分布する種間では体サイズが異なっている。この種間の体サイズ差は、幼虫期に捕食可能なミミズのサイズに応じた資源分割をもたらし、資源競争を緩和するかもしれない。また成虫期に異種間の交尾行動を機械的に妨げる生殖隔離として、生殖干渉を緩和するかもしれない。この２つの仮説を、京都に分布するオオオサムシ亜属４種（山間部の大、中、小型の３種、平野部の大型１種）を用いて検証した。まず、４種の幼虫（1-3 齢）に様々なサイズのミミズを与えた。その結果、すべての幼虫は、ミミズのサイズに関わらず捕食行動を示した。またミミズのサイズ増加に伴う捕食失敗は、小型種の１齢幼虫期でのみ観察された。従って、種間の体サイズ差は資源分割に有効ではなかった。次に、４種の成虫で 16 通りの雌雄ペアを作り、交尾行動（交尾意欲、マウント、交尾器の挿入、精包形成）を観察した。その結果、体サイズ差が大きい異種ペアでは、交尾意欲があっても交尾器が届かず、挿入が出来ないペアが多かった。すなわち、種間の体サイズ差は交尾前生殖隔離となっていた。しかし、体サイズ差が小さい異種ペア（山間部の大、中型種と平野部の大型種のペア）では、大半のペアで交尾器の挿入が行われ、精包形成まで達成するペアも見られた。以上の結果から、オオオサムシ亜属種間の体サイズ差は、資源分割よりも生殖隔離として共存に貢献していると考えられる。同時に、体サイズの似た種が同所的に分布しないのは、資源競争ではなく繁殖干渉のためであることも示唆された。

T05-7
総括
西田隆義（滋賀県立大・環境生態）

生物の分布やニッチ分割が、競争など生物間の相互作用によって決まることは、ダーウィンやウォーレスによってすでに予想されていた。しかし、1980年代以降に「種間競争に対する疑念」は強まり、現在でも種間相互作用の役割はあいまいなまま放置されている。この講演では、排他的な分布を生じさせうる生態的相互作用にはどのような特性が必要なのかについて論じ、繁殖干渉がその主因であることを述べる。

自然生態系では、餌が余っている生物（植食性昆虫）でも餌不足に悩む生物（大形肉食者）でも、近縁種は共存しないことが多い。このことは､餌資源が決定的に重要ではないことを示唆する｡そして、さらに相手種を駆逐するほど強い負の相互作用には、圧倒的な競争力の差か、少数派が不利となる「正の頻度依存性」のいずれかが不可欠である。近縁種はそもそもよく似ていて、圧倒的な競争力の違いはそもそも存在しない。さらに、資源をめぐる競争には「負の頻度依存性」がある。負の頻度依存性は共存のメカニズムであり、したがって、資源競争で競争排除を説明するのは無理なことが分かる。

資源利用にたえまなく自然選択が働くことを考えると、圧倒的な競争力の差が自然選択の結果生じることは不自然だ。むしろ、自然選択が働かない要因こそが重要かもしれない。近縁種でそれぞれ種内で働く性選択は、他種とはそもそも無縁である。近縁種が二次的に接触するとそこではじめて、性選択は意外な効果を発揮する。しかも、その効果には正の頻度依存性があるので、すぐに排他的分布が生じ、繁殖干渉を避けるように種内の性選択が働くことは難しい。

私は、同じ栄養段階にある生物群集では、このようにして一種の繁殖平衡が近縁種間でだけ成立し、それ以外の種間には弱い相互作用しかないと考える。この考えに基づき、生物群集について議論したい。

T06-1
MAB 計画の概要および本集会の趣旨説明
若松伸彦（横国大・環境情報）

「人間と生物圏（MAB）」計画の柱はUNESCOが1970年から始めた保全と利用の調和を図る国際的な取り組みで，その最も大きな柱は「生物圏保存地域（Biosphere Reserve; BR, 通称 ユネスコ・エコパーク）」の指定である．同じUNESCOの世界自然遺産が手付かずの自然を守ることを原則とするのに対し，BRは自然環境の保全と文化的多様性の維持や地域社会の発展を通じた原生的な自然環境の保全を目的としている．そのため，自然度の高い「核心地域」，「緩衝地帯」とともに，人の利用も可能な「移行地域」を設定するゾーニングシステムを採用している．

1976年に最初のBRが登録されて以降，その国際ネットワークは発展を続けており，現在は129の国と地域の564カ所が登録されている．世界に二つとない原生自然の希少価値を認知する趣旨の世界自然遺産の新規登録が極めて厳しくなりつつあるのに対し，BRは海外では順調に登録地を増やし続けている．ネットワークでは様々な科学情報と管理手法を提供しており，その躍進は世界各地で保全と利用の両立を図る取り組みが組織的に進んでいることを意味している．MAB計画の理念は日本が主張している「自然との共生」の理念に合致しており,BRは地域の取り組みや国内での連携だけでなく，国際的な連携を図る絶好の舞台となる．本講演では，MAB計画の理念およびその歴史を紹介する．

T06-2
ユネスコ・エコパークの世界での活用事例
池田史枝（横国大・環境情報），* 比嘉基紀（森林総研）

ユネスコ･エコパーク（生物圏保存地域，Biosphere Reserves）は，発足以降世界的に登録地は増え続け，2010年現在では世界109の国と地域で564サイトが登録されている。しかし，日本国内ではユネスコ・エコパークの認知度は低く，既存の４サイト（志賀高原，白山，大台ケ原・大峰，屋久島）でも３つの機能的役割（保全・持続的開発･学術的支援）が効果的に活用されているとは言い難い。今後，国内でのユネスコ・エコパークの活用および登録を推進するために，諸外国（ドイツ，フランス，ブラジル）における具体的な活用事例を紹介する。

ドイツのSchorfheide-Chorinでは，ユネスコ・エコパーク内で持続的方法で生産されている地産物を地域ブランドとして開発し，持続的開発と自然保護の両立を目指している。Elbe川流域では，渡り鳥の寄留地を確保することにより鳥類の保全と農業の共存が図られている。ユネスコ・エコパークを教材とした学術的支援も活発に行われている。ドイツのRhonでは子ども向けの教育プログラムが，フランスでは教育関係者向けの研修プログラムが開催されている。ブラジルのサンパウロ市Greenbeltでは，貧困層の若者向けに「エコトレーニング」プログラムが開催されている。プログラムの内容は環境教育や持続可能な観光・農業，廃棄物管理など多岐にわたり，受講者の自立の手助けとなっている。それぞれの地域の自然環境および文化や政治・経済的背景は一様ではないが，いくつかの事例は国内のユネスコ・エコパークでも実施可能であろう。

T06-3
ドイツにおけるエコパークと文化的景観の保護
中越信和（広島大・国際協力）

ドイツ（ドイツ連邦共和国：旧西ドイツ）は東西ドイツ統一以前から種の保護と同時に生態系の保護を国レベルで行ってきた。統一後も国内全域にこの保護体系を布いている。実際、国内には多種多様な自然保護の法制度とその指定地があり、一見混乱した環境行政のようにみえるが、実は各保護制度はその目的を果たすことを第一義とし、その目的が果たせる場所であれば何重にも指定されことを妨げないようになっている。確かに、自然保護区としての国立公園（アメリカ合衆国と同様な概念）と文化的系景観を含むエコパーク（ユネスコ生物圏保護区）が同一の場所に設定されていることに違和感をおぼえる人もいる。しかし、これを生物多様性の立場からみると、国立公園の中核部は自然度の高い生態系であり、同時にエコパークのコア（核）の部分であるとすれば、この保護区のゾーニングは一致し、したがって管理に関してもそれぞれの地区に一貫した施策を展開することができる。このように多重であっても整合していて、ゾーニングにおいても矛盾をきたさないのは、実は単一化された要素主義によるものである。確かに、要素主義では相対立する評価が生まれたりすることもあるが、これを乗り切るのは経験主義であり、試行錯誤でもある。今回のエコパークに関する研究集会では、演者は先進国の事例が担当ではあるが、エコパークを上手に環境保全に活用している点に注目して、以下の３点に結論を要約して発表する。

１．自然保護制度の中におけるエコパークの機能の総括。
２．エコパーク内の問題の解決に係る経験主義的手法の紹介（２件の事例を挙げる）。
３．政府が優先課題に挙げている生育地保護の視点からの文化的景観の保護の内容。

T06-4

我が国の自然環境保全の取組と MAB/BR（ユネスコ・エコパーク）

岡野隆宏（鹿児島大）

T06-5

ユネスコ・エコパーク新規登録に向けての現状と課題

酒井暁子（横国大・環境情報）

日本 MAB 計画委員会は新規登録に向けての活動支援を行っているが、日本では 1980 年以来新規登録が途絶えており、当時とは MAB のコンセプトも変化しているので、新しい制度を構築するに等しく、手探り状態が続いている。

エコパーク制度は管理運営に具体的な規定がほとんどない。日本では発展途上国のように原生的自然自体に依存した生活はほぼ無いので、シンボルとしての原生的自然を核心地域として中心に置き、環境保全型の一次産業と三次産業を周辺の移行地域で行い、そうした経済的なインセンチブの元に野生生物の生息地の保護管理を行うとのスタイルが一般的になりそうである。そこで主体となるのは地方自治体となる。

登録を目指す地域からは、都市化が進まなかったからこそ残された自然と伝統文化を活かした地域づくりのスキームとして役立つことが期待されている。地域の理念や将来ビジョンを策定し世界にアピールする機会となるだろう。

他の自然保護制度と異なり、広汎な組織的対応が必要となり、1）動植物や伝統文化の専門家からなる学術チーム、2）自治体の政策課や自然環境部局、環境省などの出先機関や森林管理局など国、県レベルの担当官からなる行政チーム、3）自然保護活動団体、自然産業業界団体などの市民チームが有機的に連携する体制作りが必要である。リーダーにはコミュニケーション能力に優れ、リーダーシップと調整能力を発揮できる人が望ましいだろう。

MAB はそれ自体は法的拘束力を持たないが、核心地域は法的に保護されていることが必要で、緩衝地域も実質的には法的な規制が必要となることから、現実的には国立公園や森林生態保護地域など国内の自然保護制度を利用することになる。そこで関連行政組織とりわけ環境省、林野庁とはコンセンサスを持つ事が重要である。

T07-1

植物プランクトン群集における鉛直分布構造

* 吉山浩平（東大・大気海洋研）

T07-2

南極の湖底藻類群集における鉛直分布構造

* 田邊優貴子（極地研）

南極大陸には、氷床から解放され大陸岩盤が剥き出しとなった露岩域と呼ばれる地帯が点在している。これら露岩域は南極大陸全体の約 2-3%とされており、生物の数少ない生息場となっている。また、氷期 - 間氷期サイクルという地球規模の環境変動の影響を受け、最終氷期以降に南極氷床が後退して形成された環境である。昭和基地周辺の露岩域には多様な形状・水質を持った湖沼が 100 以上も発見されている。しかし大部分は貧栄養淡水湖沼であり、その湖底にはまるで森林か草原のような形態のユニーク且つ豊かな藻類群集マットが湖底一面に広がっており、南極陸域生態系の中で最も豊穣な植生と言われている。これまでに世界各国の他の南極地域において、昭和基地周辺のような藻類とコケによるユニークな形態をした植物群落の存在は未だに発見されていない。これら南極湖沼生態系は、同一の時間をかけ、同一の気候条件のもと、湖ごとにそれぞれ独立したシステムが成り立っている。近接した湖沼であるにもかかわらず、その多くは河川や集水域によって繋がったものはほとんどなく、全く違った湖底植生の形態・構造となっている。これはまるで、それぞれの湖が一つ一つ地球規模の実験場となっているものと捉えることもできる。

本講演では、フィールド研究の立場から、南極湖沼の環境変動および植物プランクトン動態との関係、湖底藻類群集の構造および保持色素と光合成の関係、光変動に対する藻類群集の応答性、湖水と湖底間隙水との栄養塩濃度とに関して論じることにより、南極湖沼での豊かな湖底植生形成と繁栄の謎に迫った。南極大陸は人為的活動の影響が地上で最も少ない地域であり、考慮すべきパラメーターが極端に少ないシンプルな生態系が成り立っている。さらにその中に存在する南極湖沼生態系はより閉鎖された環境であるため、環境変動に対する生物群集の応答・適応プロセスを理解する上で理想的かつ重要なモデルとなり得ると考えている。

T07-3

南極の湖底藻類マットにおける鉛直分布パターンモデル

* 水野晃子，佐々木顕（総研大・学融合）

南極の湖沼群では、湖底に繁茂する藻類がマットを形成することが知られている。この湖底藻類群集のマットは色素層を形成し、上から順に黄色、黄緑、緑、深緑となる。この色素パターンは、表面にカロテノイド類などを多く含むことで、強光による光合成の阻害を防ぐことが考えられている。また、藻類マットの群集組成は、深度によって異なっている。さらに、この藻類マットの厚さや堅さ、色素層の厚さ、表面の形状などが、湖沼によって大きく異なっており、どのような要因でこのバリエーションが形成するのかは分かっていない。

そこで、我々はカロテノイド含有量が異なる複数種の藻類の競争モデルを作成し、この色素層構造の形成メカニズムを明らかにすることを目的として研究を行った。我々は、藻類の細胞内に置けるカロテノイド類の役割が、光の捕集と強光阻害の防御の二つに分類出来ることを考慮し、捕集に使われるカロテノイドと防御に使われるカロテノイドがどの程度含まれるかによって、藻類の光合成効率が決定されると仮定した。湖底まで届く光強度をもとに、どのような吸収波長特性のカロテノイドを多くもつ藻類が優占するのかを調べた。

この藻類の湖底バイオマットが色素層を形成する現象は、南極以外では知られていない珍しい現象である。強光阻害とカロテノイド類による防御のメカニズムが藻類群集の組成を変化させ、結果として色素層の形成要因であることが説明出来れば、藻類群集構造のパターンが光のみによって形成されることを明らかにした初めての事例となると期待している。

T07-4

捕食者が駆動する藻類群集の可塑性と進化

* 山道真人（総研大・生命共生体進化学）

藻類は水中のさまざまな動物によって捕食されるため、捕食者に対抗する多様な防御形質を進化させてきた。防御形質は捕食・被食の関係、ひいては食物網全体の構造を変えうるため、その進化動態と群集構造の間には密接な関係があると考えられる。これを検証するために、連続培養装置（ケモスタット）において捕食者である動物プランクトンのワムシと藻類を長期間培養する研究が数多く行われてきた。この手法により、防御形質の進化・可塑性が個体群動態・群集構造に与える影響を調べることが可能になり、進化群集生態学の発展に大きく貢献している。

本発表ではまず、防御の進化が迅速に起きるクロレラ・クラミドモナス系と、誘導防御が起きるイカダモ系の先行研究を紹介する。次に、これらの実証研究をもとに数理モデルを構築した自身の研究を紹介する。解析の結果、対捕食者防御の迅速な進化と表現型可塑性（誘導防御）は一見しただけでは区別しにくいが、それらが個体群動態に与える影響は異なっており、可塑性の方が個体数変動を安定化し平衡状態をもたらす傾向が強いことがわかった。また、防御型と非防御型を可塑的に生産する遺伝子型と非可塑的な防御型・非防御型が共存した場合、可塑性は変動環境で有利になるにも関わらず、可塑性自体が個体群動態を安定化するため、その間にジレンマが生じる。その結果、可塑性の迅速な進化と間欠的な個体数振動が起こりうることが示された。このような生態学的現象と進化的現象とのフィードバック（eco-evolutionary feedback）について考察しつつ、藻類を用いた今後の進化群集生態学研究の方向性について考えてみたい。

T08-1

総論および淀川の外来生物の現状と課題

村上興正（京都精華大学）

淀川における外来種対策に関しては、2008 年に、淀川環境委員会の中に淀川外来種影響対策検討会ＷＧを設置して、活動を行っている（演者がＷＬ）。活動内容は、淀川における外来種対策の基本方針を策定することを目標として開始された。まず淀川における外来種リストの作成を行い、その中で対策を優先すべき種の選定作業に取り組んだ。選定に当たっては、定着の状況と影響度の組み合わせでタイプ分けを行うとともに、被害の程度に応じて被害甚大種、被害危惧種、準被害危惧種、要注目種に分けた。また淀川で保全すべき場所を選定し、そのうち外来種の影響の大きな場所を選び、対策優占場所の選定を行った。対策を優先すべき種と場所のクロスチェックを行うことで、淀川での対策優先順位の決定をおこなうべく努力を行ってきた。これを一般の方にも分かりやすい形にすることとして淀川侵略的外来種ワースト 50 の選定を行った。このような基本的な取り組みを行っている一方、現実には外来魚の急増によるイタセンパラの絶滅を含むタナゴ類を含む在来魚の激減や、2007-8 年にボタンウキクサの大発生による被害等が起きたために、それらの侵略的外来種に対して、緊急対策が必要となった。そこで外来植物では、ボタンウキクサ、アマゾントチカガミ、ミズヒマワリに関しては根絶、ホテイアオイ、アゾラクリスタータ、ナガエツルノゲイトウ、オオフサモに関しては制御を目標に、技術開発を含めて対策に取り組みつつある。また、外来魚ではオオクチバスとブルーギルは局所的な根絶を目標として、城北ワンド、楠葉ワンド等ワンドを中心に対策を実践しつつある。

今回の講演では、前半で外来種対策の総合的な取り組みを紹介した後に、後半で外来植物や外来魚に対する具体的な取り組みの紹介を行うことで、論議を喚起したい。

T08-2

琵琶湖水系における外来魚類の現状と課題

中井克樹（滋賀県立琵琶湖博物館）

琵琶湖とその集水域にはおよそ 15 種の外来魚種が定着しており、そのうち「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」（外来生物法）の特定外来生物に 4 種が、また「ふるさと滋賀の野生動植物との共生に関する条例」（野生動植物共生条例）の指定外来種に 2 種が指定されている。

1960 年ごろに侵入したタイリクバラタナゴ（指定外来種）は、在来のニッポンバラタナゴと交雑しこれを絶滅に至らしめた。現在、指定外来種は大手のホームセンターが取り扱いを停止し、流通が抑制されている。

ブルーギルとオオクチバス（ともに特定外来生物）は、それぞれ 1960 年代、70 年代に相次ぎ侵入、湖の沿岸域で激増し、深刻な生態的影響が懸念された。1984 年から始まった駆除事業は 1999 年から強化され、2003 年には釣った魚のリリースを禁ずる「滋賀県琵琶湖のレジャー利用の適正化に関する条例」（琵琶湖レジャー条例）が施行され、釣り人からの回収ルートが加わった。オオクチバスとブルーギルの年間回収量は 400t 程度で推移し、両種の湖内での推定現存量は駆除事業を強化した当初（計 3000t）から半減（1400t）したが、事業の持続性の確保が今後の課題である。

これら湖内に生息する外来魚種に加えて、湖の集水域で確認されている外来魚種のなかにも、生態的影響が危惧されるものがある。

コクチバス（特定外来生物）は 3 箇所のダム貯水池での定着が確認され、流出河川を通じて琵琶湖への大規模な侵入・定着が憂慮される状況にある。また環境省の絶滅危惧Ⅱ類で京都府以西に自然分布するオヤニラミ（指定外来種）は、県内 3 箇所の河川中流域に定着している。特に滋賀県の場合、生息地から琵琶湖へ流下した個体が湖内で定着した場合、本種の生息しない環境下で進化した固有種に対する侵略的影響が懸念される。

T08-3

琵琶湖淀川水系における外来水草の現状と課題

野間直彦（滋賀県立大・環境科学）

琵琶湖淀川水系において、特定外来生物指定の水草では、ミズヒマワリ、ナガエツルノゲイトウ、ボタンウキクサ、オオフサモ、オオカワヂシャ、アゾラ類などが知られている。

このうちミズヒマワリは、淀川支流の芥川などで繁茂が知られていたが、2007 年に琵琶湖南部への侵入が発見された。琵琶湖では発見直後から、NGO 近江ウェットランド研究会が中心となって市民による防除活動が行われ、調査に基づく駆除を 20 回以上実施し、2011 年には根絶の一歩手前までこぎつけた。侵入初期から行動し情報発信を行い、市民・行政と連携・協働することで臨機応変の活動を続けたことが成功の要因と考えられる。

ナガエツルノゲイトウは 2004 年に彦根市神上沼で初確認されたが、初期防除が行われず、4 年後には沼の水域面積 7.2ha の 4 割近くを占めるまでに拡大した。さらに隣接する不飲川でも見つかったが、ここでも管理者による初期防除が行われなかったために出水などの際に琵琶湖へ流出し、2009 年末には南部をふくむ琵琶湖岸の 50 箇所以上でも定着が確認され、琵琶湖への蔓延が懸念される事態になった。しかし、地元住民や市民による駆除活動が、彦根市や滋賀県による本格的な防除事業を引き起こすことになり、個体数は激減している。

T08-4

滋賀県による外来生物に関する取り組み：条例施行と現状調査

高倉猛（滋賀県自然環境保全課），* 中井克樹（滋賀県立琵琶湖博物館）

滋賀県で最初に対策が採られた外来種問題は、琵琶湖における水草オオカナダモの大発生で、1974 年のことであり、それ以来、水草刈り取り事業は国定公園管理の一環として継続されている。近年は、増殖する水草の大部分が在来種であるため、刈り取りの対象も専ら在来種だが、この事業が 2007 年のボタンウキクサの根絶に協力するなど、柔軟な取り組みもなされている。

琵琶湖で激増した外来魚に対する取り組みは、中井の発表で紹介する。条例に関しては、2003 年に施行された「滋賀県琵琶湖のレジャー利用の適正化に関する条例」に、釣った外来魚のリリース禁止規定が盛り込まれ、釣りの手法の規制にまで踏み込んだ初めての試みとして注目を集めた。

さらに 2005 年の外来生物法の施行を受け、2007 年には指定外来種の枠組みを規定した「ふるさと滋賀の野生動植物との共生に関する条例」が施行された。指定外来種は、県域で侵略的影響が想定されながら特定外来生物には未指定の生物から選ばれ、飼育の届出と放逐の禁止が求められる。現在 15 種類が指定され、環境省の要注意外来生物リストから漏れているものや国内外来種も含まれ、国の外来生物対策を地方自治体が補う役割を果たしている。

外来生物対策の効果的な遂行には、その現状把握が不可欠である。そこで、2009 年度から国の緊急雇用対策支援を利用して、主要な外来生物（陸生 7 種、水生 10 種）を対象に、人間の生活圏周辺に重点を置いて全県規模の分布・生息状況を把握すべく、「エイリアン・ウォッチャーズ事業」が 3 ヵ年計画で始まった。アメリカザリガニ、オオキンケイギク、ホテイアオイをはじめ、身近に生息しながら具体的な分布に関する知見が限られていた外来生物について、情報が集積されつつある。

T09-1

遺伝的基盤を有する行動シンドローム：擬死行動と歩行活動性の遺伝相関

中山慧（岡山大・進化生態）

生物における形質間の遺伝相関は、時に適応進化における足かせとして機能しうる（進化的制約）。したがって、互いに相関した形質は単独でというよりむしろ一つのパッケージとして扱われるべきである。捕食者に襲われた際に咄嗟に擬死（死に真似、不動）行動をする動物は分類群を問わず多く存在する。貯穀害虫として知られるコクヌストモドキ *Tribolium castaneum* もまた擬死行動を示し、本種では擬死継続時間に対する人為選抜により、擬死頻度が高く擬死時間の長い Long（L）系統と擬死頻度が低く擬死時間が短い Short（S）系統が確立されている。捕食者としてクモを用いた実験から、擬死をする L 系統は S 系統に比べて有意に高い確率で捕食を回避できることが判明している。一方で興味深いことに、擬死と歩行活動性には負の遺伝相関が存在することが選択に対する相関反応を調べた人為選抜実験の結果から明らかとなった。すなわち、L（or S）系統では歩行活動性が低下（or 増加）し、逆に歩行活動性が低く（or 高く）なる方向に選択をかけた別の系統では擬死をする傾向が強く（or 弱く）なった。そして、活動量の低下した L 系統のオスは例え捕食者がいない状況であっても S 系統のオスに比べてメスとの交尾成功（交尾回数）が低いことが判明した。以上より、擬死による捕食回避成功と交尾成功には擬死行動と活動性の遺伝相関を介したトレードオフが存在することが示された。さらに、L 系統では脳内のドーパミン（DA）量が S 系統よりも低く、加えて L 系統にカフェイン（DA 受容体を活性化）を与えると、擬死をあまりしなくなるだけでなく歩行活動量が増加した。これらの結果は擬死と歩行活動性に対して DA が多面的に作用していることを示すと同時に、DA の生合成や神経細胞間での受容と輸送に関わる遺伝子がこの遺伝相関を司っていることを示唆する。

T09-2

天敵昆虫の遺伝的改良に伴う行動および生活史形質の変化

* 世古智一，三浦一芸（近中四農研），中山慧，安藤彰太郎，宮竹貴久（岡山大・進化生態）

現在利用されている栽培植物や家畜のほとんどは、品種改良を繰り返すことで人為的に育成されたものである。生物の進化と品種改良は共通点が多い。選択が自然環境によるものか、人為的なものであるのかという違いはあるものの、形質に遺伝的変異があって、選択に対する応答によって形質が変化する過程はどちらも同じである。

近年、農業害虫防除に利用する天敵類を対象に遺伝的改良が試みられている。ナミテントウは重要害虫アブラムシ類の天敵であるが、成虫は飛翔能力が高いため、放飼してもすぐに作物上から離れてしまうという問題があった。そこで野外から採集したナミテントウ集団の中から飛翔能力の低い個体を選抜し、その個体同士を交配させるという操作を世代ごとに繰り返すことによって、飛翔能力を欠くナミテントウの系統を育成した。この系統を実用化することによって、これまで化学農薬に頼らざるを得なかった多くの栽培環境において環境負荷低減が期待される。

一方、飛翔能力に対する人為選抜がナミテントウに及ぼす影響として、以下の 2 点が懸念される。1 つは、近親交配が進行することによる生存や繁殖に関わる機能の低下である。2 つめは、飛翔能力に関わる形質と遺伝的な相関関係にある形質の変化である。前者については系統間の交雑や戻し交雑などの手法によって解決できるが、後者については飛翔に関わる形質と共通の遺伝的基礎を持つため解決は困難である。本講演では、ナミテントウの天敵としての機能に関わると考えられる行動および生活史形質を対象に、飛翔能力に対する人為選抜の影響について解析した結果を報告する。

T09-3

キスゲ属における送粉シンドロームに関する花形質の遺伝的基礎

* 新田梢（九大・理），廣田峻（九大・理），安元暁子（京大・生態研センター，チューリッヒ大・理），矢原徹一（九大・理）

送粉シンドローム・擬態などの複数形質が協調してはたらくシステムでは、単一形質の変化は一般に適応度を低下させるので、「異なる複合適応形質間での進化的シフトが、どのようにして実現したか」という問題が残っている。我々は、対照的な送粉シンドロームが見られるキスゲ属２種を用いて、この問題に取り組んできた。ハマカンゾウは朝開花し、夕方に閉花する昼咲き種で、オレンジ色の無香の花をつけ、昼行性のアゲハチョウ類に送粉される。一方、キスゲは夕方に開花し、翌朝に閉花する夜咲き種で、レモン色の芳香性の花をつけ、夜行性のスズメガ類に送粉される。２種の開花時間・花色・花香は、異なる送粉者の活動時間・嗅覚・視覚に、協調的に適応した複合形質と考えられる。これらの複合形質の進化機構を探るために、F2 雑種を育成し、開花時間・花色の分離を調べた。

F2 雑種の開花時刻は朝と夕方に集中する二峰型分布、F2 雑種の閉花時刻は夕方に集中する単峰型分布を示し、それぞれの比は 1 : 1、3 : 1 と有意差がなかった。よって、開花時刻・閉花時刻ともに、1 個の主要遺伝子によって制御されていると考えられる。アントシアニン色素は、F2 雑種では、無 : 微量 : 淡赤 : 濃赤 = 61:33:20:10 に分離し、2 個の主要遺伝子による制御が示唆された。

これらの結果から、開花時間・花色のいずれについても、主要遺伝子が関与していることが示唆された。したがって、対照的な送粉シンドロームの進化的シフトは、相加的な遺伝分散による漸進的な過程ではなく、主要遺伝子の変化による跳躍的な形質変化を通じて生じた可能性がある。

T09-4

資源獲得競争とオス繁殖投資との相関関係

香月雅子（岡山大・進化生態）

自分の子どもをより多く残そうとするオス間の競争は、交尾前でなく、交尾後にも生じる。これは精子競争（sperm competition）とよばれ、メス体内の受精をめぐる複数のオスの精子間の競争である。この競争はメスが複数のオスと交尾を行う種でみられ、精子競争に勝つために、オスは様々な戦略をとる。オスは、より多くの投資（例えば、精子数や交尾抑制物質）を繁殖に対して行う方が、自分の適応度は増加するが、一方で、過度の投資は寿命の減少などをもたらすだろう。繁殖への投資は、繁殖までに得た資源量に大きく依存するだろう。これは、成長期に得た資源で繁殖への投資量が決定してしまう種ではより顕著である。このように、繁殖形質と他形質とは大きく関係している。成長期の行動が異なるとき、それぞれ異なる環境をもたらし、繁殖にも影響を与えると考えられる。そして、それぞれ違った選択が働くだろう。

ヨツモンマメゾウムシは幼虫時にひとつの豆の中で発育するため、幼虫時に同じ豆内に他個体が存在するとき、資源をめぐる競争が生じる。この競争には他個体を噛み殺して資源を独占し、１個体のみが出現するコンテストタイプと、資源を共有し、複数の個体が出現するスクランブルタイプがある。この２つの資源獲得タイプは、繁殖をめぐる競争の程度が異なり、異なる選択をもたらす。ここでは、この資源獲得競争（繁殖期に至るまでの競争）がオス繁殖投資（繁殖期の競争）にどのような選択をもたらすか述べる。

T09-5

暴かれた遺伝子座内性的対立：雌雄間の遺伝相関が適応進化を妨げる

原野智広（九大・理）

オスとメスの形質を支配する遺伝子の大部分は共通である。しかし、形質の中には一方の性が持つと適応度上有利であるが、もう一方の性が持つと不利なものがある。このような形質に作用する選択は、オスとメスとで相反し、各性の最適な形質の進化を妨げる。この状況は遺伝子座内性的対立と呼ばれる。

性的対立にはもう一つ、遺伝子座間性的対立と呼ばれるものがある。たとえば、交尾するかしないかをめぐって起こるオスとメスの利害の対立である。この型の対立が進化に重要な役割を果たすという考え方は、広く受け入れられている。それに比べて、遺伝子座内性的対立はあまり注目を浴びてこなかった。その大きな理由は、形質が一方の性だけに発達すれば、他方の性は影響を受けない、ゆえに対立は生じないと考えられることである。性限定的な形質の発現は広く見られる。クジャクの尾羽やシカやカブトムシの角のようなオスの誇張形質はその代表例である。これらのことから、遺伝子座内性的対立は、起こったとしても一時的なものに過ぎず、容易に解消されると認識されている。

しかしこの数年間、さまざまな動物で遺伝子座内性的対立の存在を示す証拠が検出されている。甲虫の１種では、オス限定の誇張形質を大きくするように実験的に進化させることによって、メスの産卵数の減少が観察された。このことは、誇張形質の性限定的発達が対立を解消するという想定に反する。ここで注目すべきは、形質間の遺伝相関である。オスの誇張形質が他形質と遺伝的につながっていれば、誇張形質の進化は他形質の変化を伴う。他形質の変化はオス同様にメスにも現れ、適応度を減少させる可能性がある。近年の知見は、遺伝子座内対立が適応進化に及ぼす影響は今までに考えられているよりも大きいということを示唆している。

T10-1

趣旨説明－博物館に舞い込む生物多様性保全の相談ごと－

井上雅仁（島根県立三瓶自然館）

博物館や研究機関の生態学研究者が，生物多様性や自然環境の保全に関して相談を受ける機会は，年々増す傾向にある．例えば著者が 2010 年に関わった事例として，レッドデータブックの改訂，世界遺産石見銀山での自然環境保全や森林整備，ジオパーク登録を目指す隠岐地域での生態系保全，西中国山地における希少植物の分布と保全，三瓶山での草原性希少種の保全活動などがある．相談元は県や市町村といった行政，自然保護に関わる市民団体など，内容は生物種の分布把握，調査や保全手法から政策や法整備の相談，実際の保全活動への協力や効果検証のモニタリングなど，多岐にわたっている．

このようなシンクタンク的な側面は，当館に限らず，多くの機関が直面している事項である．その背景には，社会的な環境保全意識が高まり，法整備や施策が進められてきたことで，市民，行政ともに保全に携わる機会が増えてきたことがある．反面，実際の対策や検証においては，専門的知見が不足していることへの不安があるため，地域の博物館や研究機関への相談が増えているのが現状であろう．

最近では，このような社会情勢を反映して，シンクタンク機能を重要な役割と位置づける博物館も少なくない．地域の生物多様性保全という社会要請への対応は，博物館や研究機関の新たな社会的地位を確立していく上で，大切な転機になると考えられる．一方で，多くの機関では，人的・金銭的に厳しい中で各種の活動を行っているのが実情であり，十分な対応が難しいとの声もしばしば聞かれる．

本集会では，博物館や生物多様性センターなどでシンクタンク事業に関わっている生態学研究者から，各機関での取り組みや成果，直面した課題などについて報告してもらい，これからの姿について議論したい．

T10-2

社会と生態学の接点に身を置く博物館のシンクタンク機能－人と自然の博物館の事例－

橋本佳延（兵庫県立人と自然の博物館）

人と自然の博物館（ひとはく）では、組織としてシンクタンクに関する中期目標を自主的に定め、研究員が生物多様性保全のシンクタンク活動に積極的に関わることを推奨している。

社会が生物多様性保全のシンクタンクに求める主な要素として、(1) 科学的根拠に基づいた客観的な対応、(2) 高い専門性を備え、課題とその解決策に関してわかりやすく伝えること、(3) 狭い分野に偏らない分野横断的対応、の３つが挙げられる。これらの要素は、自然史系博物館の基本的な機能である、(1) 自然・環境情報を集積すること（資料収集、調査）、(2) それらの情報を正しく理解し（研究による自己研鑽）、社会にわかりやすく還元する（普及教育）こと、(3) 学問的縦割りに固執しない活動を展開すること（博物学の展開）、と対応している。

博物館がシンクタンクを行うことの社会的効用として強調すべきことは、生物多様性戦略などの計画立案・提言にとどまらず、現場をもち具体的に行動できる点にある。また、シンクタンク支援を必要としている市民・団体に最も近い場所におり、日常的に継続してシンクタンク活動を行っている点にある。

このように博物館は、既存の組織の中では社会が要請する生物多様性保全のシンクタンク活動を効果的に実践できる最適な組織といえる。しかし期待される機能を発揮するには、地方博物館が直面する現実は厳しい。国内の生物多様性保全を効果的に進めるためにも、各地の博物館のインフラ・ソフト・人材の充実が必須と訴えたい。

※なお、上に紹介した中期目標の達成状況を下記の URL および館報で公表しているので参照されたい。http://www.nat-museum.sanda.hyogo.jp/top/pdf/past5&future.pdf

T10-3

千葉県の生物多様性保全関連施策における千葉県生物多様性センターの役割－とくにイノシシ，シカ，サルなどの保護管理施策を中心に－

浅田正彦（千葉県生物多様性センター／千葉県立中央博物館）

千葉県生物多様性センターは、2008 年４月に県庁自然保護課内に組織され、執務室は千葉県立中央博物館内にある。ここでは、一般行政職、水産職、林業職、畜産職とともに、中央博物館の研究者が併任職員として配属されている。当センターは「生物多様性ちば県戦略」の推進を図るため、生物多様性の保全･再生に関わる調査研究･技術開発、教育普及・現場指導とともにシンクタンク機能を果たすとともに、積極的な県施策の推進を行っている。

発表者は哺乳類の専門家として中央博物館の研究員をしており、設立時より生物多様性センターで専従的に業務を行っている。主な業務内容としては、外来種対策推進、イノシシなどの保護管理施策のためのシンクタンク業務などを担当している。

この業務の中では研究者としての能力が必要な場面と、行政担当者として行動する場面があり、業務実態は中央博物館での業務とは明らかに異なり、シンクタンク機能には２つの側面があるように感じている。一つは博物館でも行っている「自然情報シンクタンク」で、生物の存在情報や、希少性あるいは外来種の侵略性の程度についての専門的情報提供である。もう一つは「行政的シンクタンク」ともいえるもので、保全のための法的背景や、生息地を管理する行政部局の照会、より詳しい専門機関の照会（シンクタンクのシンクタンク）である。場合によっては問題解決に向けた仲介・調整を行うこともある。後者は、当センターでは日常的業務として対応しており、博物館では組織的には行っておらず、研究員の主な仕事としても位置づけられていない。特に行政内部からの相談においては、自然保護課併任職員ならではの事情もあり、講演内で詳細を述べる。

T10-4

生物多様性関連保全施策において地域の小規模博物館・研究者に期待される役割－北海道における現状と可能性－

渡辺 修（さっぽろ自然調査館）

北海道は、国内の生物多様性を考える上で非常に重要性が高いエリアであり、相対的に自然が多く残されていることから、今後の保全政策は重要な役割を果たすだろう。しかし、生態学分野でシンクタンク的機能を専門的に担う組織は非常に限られる。研究機関や大学は数が少なく、地域の博物館は専門スタッフが１～２名の小規模施設が多いため、審議会・委員会の委員等としてその機会ごとに政策に関わる事例が多い。しかし施策の基盤としては生物情報の集積や現地調査、データ解析が不可欠であり、それらは民間コンサル等が行政機関からの受託で実施しているのが現状で、その質・量が施策検討の制約要因となってしまっている。この問題の解には、事業受託できる組織や事業を指導・支援できる組織が地域に求められるが、国営等による自然史系大規模組織は今後もあまり期待できないため、地域の小規模組織が連携して役割を果たすことが重要である。

本報告では、いくつかの事例を紹介し、現状・課題とネットワークを生かした連携の可能性について紹介する。

○希少種情報・生物分布情報の集積と保全対象の選定、評価（地域版ＲＤＢの選定、保護区の設定・見直しや管理方法の検討）
○野生動物の保護管理（エゾシカ、ヒグマ、猛禽類、海獣類）
○自然再生事業、世界遺産保護管理
○環境教育・自然学習カリキュラムや教材の系統的作成
○北海道自然史研究会（http://www.cho.co.jp/natural-h/）によるネットワーク化の試み

T11-1

集団遺伝学と生態学

山道真人（総研大）

一般の生態学者がエコゲノミクスを行おうとする際に、もっとも大きな障害の１つになると考えられるのが集団遺伝学である。集団遺伝学はもともと理論的な側面が先行して発展してきた分野であるためにとっつきにくく感じる人が多く、また生態学との接点はこれまでそれほど多くなかった。しかし、集団内の多型パターンから集団サイズ・過去の個体数変動・自然選択の強さや選択が働いた時期を推定しようとする際には、集団遺伝学的手法が必須となる。

そこで本発表では、発表者が日本生態学会誌で連載している「始めよう！エコゲノミクス」の内容をもとに、集団遺伝学とは何か、またその手法を用いて何ができるのかという２つの点に絞って紹介する。特に、日本語の解説書が少ないコアレセント理論の概要について、なるべく数式を用いずに直感的な理解を目指して発表を行う。最後に、集団遺伝学的解析を行う際に便利なソフトと参考文献を紹介する。更に深く理解したい方には、ぜひ本発表をきっかけに連載記事を読んでいただきたい。

T11-2

比較ゲノム解析による網羅的プライマーデザイン

牧野能士（東北大）

近年、生態学の分野においても集団遺伝学的なアプローチがとられるようになり、利用可能な分子マーカーの選定、及び、それをPCRで効率良く増幅するプライマーのデザインが重要となってきている。ところが、プライマーデザインには対象となる遺伝子配列情報が必要であるため、ゲノム情報既知生物でない限り近縁種の遺伝子配列を用いて最適なプライマーを推定しなければならない。個別に同定された遺伝子配列を用いることもできるが利用可能な遺伝子には限りがある。系統解析における分子マーカーは一般に保存的な遺伝子配列が用いられるため、近縁種の遺伝子配列を用いてプライマーデザインを行ってもPCR反応が成功する可能性は高い。一方、集団内の遺伝的差異を検出するためには保存的な遺伝子は不適切であり、この場合、近縁種の遺伝子が既知であっても目的に合ったプライマーをデザインすることは困難である。そこで我々は、非モデル生物集団内においても多型が存在する塩基配列の増幅を目指し、比較ゲノム解析によるプライマーデザインを行った。対象生物としてゲノム情報が未知であるヤマアカガエル、グッピー、アノールトカゲ属複数種、コントロールとしてゲノム情報既知種であるキイロショウジョウバエを用いた。対象種と近縁なゲノム配列既知生物２種の全遺伝子配列を用いて相同性検索を行い、２種間で高度に保存されたゲノム領域によって挟まれた遺伝的多様性の高い領域の網羅的検出を行った。プライマーは高度に保存された領域上にデザインした。対象種のゲノムを抽出した後、デザインしたプライマーを用いてPCR反応を行い、電気泳動で単一バンドが得られた分子マーカーの配列を決定した。その結果、いずれの種においても集団内に高頻度で遺伝的多型が観察された。このことは、非モデル生物においても集団遺伝学的解析に利用可能な分子マーカーを比較ゲノム解析により容易に選定できることを示唆している。

T11-3

グッピー色覚遺伝子にかかる選択の検出

* 手塚あゆみ（東北大），笠木聡（東大），河村正二（東大），Cock van Oosterhout（Univ. Hull），河田雅圭（東北大）

脊椎動物の中で魚類は複雑で高度な色覚をもち、色覚を司る錐体オプシンも多く持っている。卵胎生熱帯魚であるグッピーには赤～緑の長波長領域の感受性に種内多型があり、オプシン遺伝子は重複し、各遺伝子座にアミノ酸配列多型があることがわかっている。オプシン遺伝子が色覚多様性に寄与している可能性が推察されるが、色覚多様性とオプシン遺伝子多様性がなぜ維持されているのかは、まったくわかっていない。

本研究では、グッピーの色覚多型がどのような選択圧によって維持されているのかを明らかにするために、各オプシン遺伝子（*LWS*（長波長感受性）４座位、*SWS*（短波長感受性）２座位）と参照用として他の遺伝子座情報を利用し、コアレセントシミュレーションにより、オプシン遺伝子にかかる選択圧の検出を行った。サンプルはグッピーの原産国トリニダットトバコ島から野外１０集団用いた。

選択を検出するために *Tajima's D* 検定を行ったところ、*LWS-A* で負の *D*（純化選択）が、*LWS-C* と *SWS-2B* で正の *D*（平衡選択）が検出された。それぞれ１０集団中１集団でのみ検出され、それらは異なる集団だった。正の *D* 値が検出された集団が限られており、平衡選択による色覚多様性維持だけではなく、各集団での環境適応（多様化選択）が重要な維持機構であると考えられる。選択が検出された遺伝子座が集団により異なることから、重複した *LWS* オプシン遺伝子は役割を分担し、適応進化に利用する遺伝子座が環境により異なっている可能性がある。また、*SWS* 遺伝子においてアミノ酸多型と平衡選択が検出され、報告のなかった短波長の光感受性にも多様性があり、選択が働いていることが示唆された。

T11-4

形質、遺伝子、適応をつなぐ - 新しい多様性生物学への挑戦 -

奥山雄大（科博・植物）

近年の進化生物学では、生物の多様な形質が生じている原因を、生物種間の比較によって統計的に明らかにする手法を発展させてきた。生物種は相互に系統関係によって結ばれており統計的に独立な点ではないが、分子系統樹を用いた比較法（phylogenetic comparative method; Martins, 2000）はこの問題を解消することができる。この手法はこれまでおもに、生物の多様な形質が生じた生態的要因を解析するために発展してきたが、原理的には種間で比較可能なあらゆる定量データに応用することができる。

本発表では、オミクス的データに分子系統樹を用いた比較法を応用し、従来形質と遺伝子型をつなぐことが極めて困難であった非モデル生物であるユキノシタ科チャルメルソウの仲間において、天然物生合成の原因遺伝子の有力な候補を絞り込んだ研究例を紹介する。また本研究アプローチを拡張して、分類学が蓄積してきた生物の多様な形質情報を、それを支配する原因遺伝子配列に帰する研究アプローチの展望について議論したい。

T12-1

植物プランクトン細胞サイズの進化適応動態

吉山浩平（東大）

種の中にはある特定の環境中にのみ存在しうるものがいる。世界最大の植物プランクトンである *Ethmodiscus* 種（直径 1-2 mm）は、太平洋など貧栄養な外洋にのみ存在し、沿岸域や湖沼では見られない。この巨大な珪藻は、他の小型植物プランクトンとうまく共存しているように思われる。栄養塩の取り込みに関しては常に小型の種が有利である [1]。一方、動物プランクトンが捕食可能な大きさは、100 μm 程度までであり、捕食による選択も考えにくい。それでは巨大珪藻が環境に適応して存在しうるメカニズムは如何なるものであろうか？

進化適応動態理論では、各個体は資源取り込み速度や増殖速度といった形質で表され、群集は形質空間の部分集合で表される。一般的に各個体を表現する形質は多岐にわたるため、形質空間の次元は大きくなり理論的に取り扱うことは非常に困難となる。このため、現実的には形質相互の関係（トレードオフ）を導入し、形質空間の次元と広がりを抑える必要がある。

本講演では、様々な形質を実験的に得られた関係式を用いて「細胞サイズ」という単一の形質で表し、植物プランクトン群集の進化適応動態を解析した研究を紹介する [2]。制限となる元素が窒素であり、かつ間欠的に供給される場合、大きな細胞の種が進化し、さらに大小の二種の進化的二型が生じることが明らかになった。一方、制限となる元素がリンの場合、その供給頻度によらず常に小さな種が進化する。この結果は海洋（窒素制限）と湖（リン制限）において見られる珪藻の群集構造の違い（海洋 - 大きな珪藻が優占／湖 - 小さな珪藻が優占）をうまく表している。

[1] Yoshiyama & Klausmeier 2008 AmNat 171:59-
[2] Litchman, Klausmeier, & Yoshiyama 2009 PNAS 106:2665-

T12-2

樹木のマスティング進化における、進化的ジャンプ、進化的突破

立木佑弥（九大・理）

多くの樹木は毎年繁殖を行う訳ではなく、数年に一回の同調した繁殖パタンをみせる（マスティング）。この現象を説明する資源収支モデルによると、一回の繁殖に対する貯蔵資源の投資量が大きいときに間欠的繁殖が引き起こされ、逆に小さいときには毎年繁殖が可能になる。

本講演では、樹木の繁殖への資源投資に関わる係数を進化形質とし、アダプティブダイナミクスの枠組みでマスティングの進化条件の議論を行う。樹木の間欠的な繁殖は、繁殖を行なわない年に子孫を残せない事が大きな不利となるため、この点を補償する何らかのメカニズムが進化条件として必要であると考えられる。

私たちは実生バンク（幼い樹木の集団）の存在が間欠的繁殖の進化に貢献する事を見出した。実生が耐陰性（光が届かない林床でも長生きする性質）をもって長生きするときには、子孫が長年にわたってギャップ獲得競争に参加するので、間欠的繁殖の不利を補償する。結果として、実生バンクを持つ事で、間欠的で同調した繁殖が進化した。このことは、多くの耐陰性樹木がマスティングをおこなうという事実によくあう。

このモデルにおいて、実生の生存率に対する進化形質の依存性を調べると、実生生存率が小さいときには、毎年繁殖をおこなうが、ある生存率に達すると、毎年繁殖の進化平衡点が消失し、進化の最終状態がマスティングへと離散的に変化することがわかった（進化的ジャンプ）。

また、個木ごとの生存、枯死、繁殖を追跡する個体ベースモデルを用いて同様の解析を行ったところ、集団サイズの有限性によって引き起こされる遺伝的浮動（確率性）によって、上記の解析結果よりも小さな実生生存率であっても、マスティングが進化しうる事がわかった（進化的突破）。この結果は進化生態学において、集団の有限性を考慮する事の重要性を示唆している。

T12-3

多次元形質空間における進化的分岐

伊藤洋（国環研）

想定された生態的相互作用の枠組において、その枠組みが自然選択を通じてもたらし得る長期的進化動態は、Adaptive Dynamics 理論により効果的に解析することができる。生態的相互作用が複雑な場合や複数の集団が共進化する場合にも有効である。特に、方向進化や 1 次元の形質空間における進化的分岐（種分化に対応）については、それらの解析手法はほぼ確立されている。その一方で、形質空間が多次元である場合の進化的分岐については、限られた場合を除き、その条件や性質は得られていない。これは、多次元形質空間における進化的分岐については十分条件が存在しないものが多く、Adaptive dynamics の現在の手法が適用できないことに起因する。

そこで本研究では、進化動態の決定論的性質の新たな記述子として、最尤進化経路を考案した。この最尤進化経路に基づく解析により、方向進化を続ける集団が高い確率で進化的分岐を生じる条件を解析的に導き、その有効性を数値的に確かめた。従来の手法では、形質空間における進化的分岐点の有無が進化的分岐の可能性を決定するものであったが、多次元形質空間においては、点ではなく曲線や曲面状の、進化的分岐線（または面）の存在を吟味する必要があることが本研究により示された。

T12-4

敵対相互作用における適応ダイナミクス

舞木昭彦（九大・理）

表現型可塑性や迅速な進化（自然選択）のような適応過程は個体群動態に影響する可能性がある。近年の実験によって、迅速な進化は捕食者－被食者の個体群動態を逆位相振動に変えうること、また片方の種は振動するがもう一種はほぼ振動しないといった cryptic cycle と呼ばれる興味深い挙動を引き起こしうることがわかってきた。最近ではこれらの挙動の普遍性を示す試みが理論研究によって行われ始めている。本発表では、[1] これらの挙動が量的遺伝モデルに基づく相互作用形質（捕食者であれば攻撃、被食者なら防御）の適応ダイナミクスによって生じることをまず示す。[2] さらに、捕食者と被食者が共に誘導防御、誘導攻撃と呼ばれる可塑性を共進化的に獲得しうること、[3] そしてそのような可塑性の相互作用によっても迅速な進化で生じるような興味深い挙動が生じうることを示す。

T13-1

学会の要望書とそのききめの検証

安渓遊地（山口県大・国際）

日本生態学会の自然保護専門委員会ではさまざまな自然保護案件に対して意見書を出す取り組みをしてきた。その中でも重要なものは総会での決議による要望書の形をとるが、これまでの案件から、海や島の生物多様性の保全に直結するものを以下に抜き出してみた。これらの要望についての効き目（＝社会的影響）を検証し、諫早の開門調査や、北方領土での環境破壊の進行など、あらたな事態を迎えて、他の学会や自然保護団体とも連携しながら、どのように取り組んでいけばよいかを、ともに考えるための問題提起をしたい。

コメンテーターとして、鳥学会の鳥類保護委員長（早矢仕有子氏・札幌大）に、鳥学会の学会決議内容とその後の活動についての説明をしていただく予定である。

1999 沖縄島在沖米海兵隊北部訓練場内ヘリパッド建設予定地の見直しに関する要望書

2000 ジュゴンが生息する沖縄島東海岸の亜熱帯サンゴ礁域の保護を求める要望書

2000 上関原子力発電所建設予定地の自然の保全に関する要望書

2001 上関原子力発電所に係る環境影響評価についての要望書

2001 有明海の環境改善に関する要望書

2003　西表島浦内地区におけるリゾート施設建設の中断と環境影響評価の実施を求める要望書

2003 尖閣諸島魚釣島の野生化ヤギの排除を求める要望書

2010 上関原子力発電所建設工事の中断と生物多様性保全のための新たな調査を求める要望書

生 態 学 会 自 然 保 護 委 員 会 の HP　http://www.esj.ne.jp/esj/J_NatCon.html

T13-2

日本列島弧の海岸の生物多様性の特徴と現状

加藤 真（京大院・人間 環境）

日本列島弧は、海の生物多様性の著しい高さを享受している。この多様性の背景には、サンゴ礁生態系の存在、複雑な海岸線が作る多様な沿岸環境の存在、そして日本海溝に至る大きな深度勾配がある。海の生物多様性は、地下資源の少ない日本にとって、最後で最大の資源であると言ってよい。しかし、日本は海の教育をおろそかにしてきただけでなく、海岸線の改変や、海の汚染、富栄養化、砂堆における海砂採取、川と海の連環の断絶などによって、誇るべき多様性を急速に失いつつある。

日本列島弧は、熱帯の海の生物多様性を付与されていることに加え、この海域で特別に多様化した固有の生物群を宿しているが、その代表が礫浜で適応放散したミミズハゼ類である。急峻な山脈をしたがえ、雨量の多い日本列島は、海岸には数多くの礫浜を持つ。ミミズハゼ類の分子系統解析と、その系統をもとにしたハビタットの変化や脊椎骨数の変化の追跡によって、ミミズハゼはこのような多様な礫間隙に適応しつつ、多様化したことが明らかになった。

瀬戸内海はアジアで最大規模の内海で、きわめて特徴的な生物相を有していたが、現在では海岸の改変や汚染、生物多様性の減少が著しい。そのような瀬戸内海にあって、周防灘は海岸や海域での人為の影響が最も少なく、干潟・海草藻場・磯・海藻藻場・礫浜・砂堆などが最もよい状態で残されており、瀬戸内海を代表する生物相や生態系が息づいている随一の場所である。そこには、一つの海岸に７種のミミズハゼが生息する海岸も見られる。周防灘は、海洋保護区にこそふさわしい場所であり、原子力発電所を建設するのに最もふさわしくない場所である。さらに、辺野古の海草群落、泡瀬の海草干潟、奄美諸島の入江など、世界に誇るべき日本のかけがえのない海の自然が、不当に低い評価をされたまま、開発によって失われる危機に直面している。

T13-3

諫早湾干拓と原発―基礎生物学から見えること

佐藤正典（鹿児島大・理）

1997 年に諫早湾の広大な泥干潟を閉め切った諫早湾干拓事業については、当初から、大きな悪影響が懸念され、生物学の研究者グループ（底生生物研究者有志、日本生態学会、日本魚類学会、日本ベントス学会自然環境保全委員会）は、これまでに合計４件、同事業の中止・中断、諫早湾の原状復帰、あるいは長期開門調査の実施などを求める要望書を国や地元自治体に提出した。しかし、これらの要望は無視され、事業は強行された。案の定、有明海（特にその奥部）では、環境悪化（赤潮や貧酸素水塊の頻発など）とそれに伴う漁業不振が起こったが、社会の対応はあまりにも遅かった。農水省「第三者委員会」が長期開門調査（閉め切られた諫早湾の内部に海水を導入し、そこを再び汽水域に戻し、閉め切りの影響を検証する調査）の実施を提言しても（2001 年）、佐賀地方裁判所が、その調査を国に命じる判決を下しても（2008 年）、それは実施されなかった。2010 年 12 月の控訴審判決によって、ようやく開門調査の実施が確定したが、干拓地への農家の入植（2007 年）の後になったために、問題を複雑なものにしてしまった。

瀬戸内海の周防灘では、ここが「生物多様性のホットスポット」であるにもかかわらず、原子力発電所の建設が計画されている。これに対して、３つの学会（日本生態学会、日本ベントス学会、日本鳥学会）がもっと慎重な環境アセスメントを求める要望書（合計 12 件）を事業者や監督官庁に提出している。しかし,それらは無視され、埋め立て工事が始まろうとしている。このままでは、取り返しのつかない損失がもたらされるにちがいない。それは、内湾生態系の基礎と原子力発電所の廃熱システムを知るならば、明らかに予見できることである。社会問題になるような人間の被害が現れてから対処するのでは手遅れであるので、今、基礎生物学が果たすべき役割は大きい。

T13-4

砂州消失問題から見える四万十川と土佐湾の生物多様性の危機

伊谷 行（高知大・教）

四万十川は高知県西部を流れる「日本最後の清流」として名高い河川である。流域に大規模なダムがないことがその理由のひとつであるが、現在、その河口域に大規模な河川改修工事が計画されており、今後も「日本最後の清流」であり続けることができるのかが危惧される。現在、顕在化している問題は、四万十川河口砂州の消失問題である。この砂州は、四万十川を太平洋の波浪から守る働きをしており、河口近くで合流する支流の竹島川も含めて、河口域にはスジアオノリの漁場、コアマモの藻場、シオマネキやクシテガニが生息する泥干潟が点在し、巨大なアカメが息づく独特の生態系をつくりあげていた。砂州は大雨や台風により、これまでも消失することがあったが、すぐに自然に復元されてきた。しかし、2005 年秋に消失した際には復元されず、１年半後に土砂投入により復元された。さらに、2009 年秋に消失してからは、現在まで復元されていない。この間、塩分変化や波浪の影響などにより、スジアオノリの漁獲は下がり、コアマモ藻場のいくつかは消失した。河口砂州の消失原因について、国土交通省と高知県は、河口付近に建設中の「第１防波堤」が主因であることを 2010 年 10 月に認めることとなった。しかし、その対応策は基本的には土砂の投入であり、根本的な「第１防波堤」の撤去ではない。本報告では、「第１防波堤」の建設目的である河川改修問題について紹介し、今後の学会の対応について検討を行う。また、土佐湾における細砂底の生態系の危機についてもあわせて紹介を行う。

T13-5

北方四島―ボーダーの海をどう守るか

本間浩昭（毎日新聞・根室支局）

ボーダー（境界）には豊かな生態系が残され、多くは野生動物の聖域となっている。だが、そのボーダーが係争地の場合、放置しておくと取り返しのつかないような生態系の激変を招きかねない。

ラッコがゆったりと海面を漂い、シャチが群泳し、アザラシ類が海岸線を埋め、エトピリカが群舞し、トドがほえる海。「日本最後の秘境」でありながら、未解決の北方領土問題を抱える日露の係争地・北方四島では、2007 年からロシアによるインフラ整備が本格化し、豊かだった海も急速な資本主義経済化の過程で激しい密漁と乱獲にさらされている。実効支配されている以上、日本としては手も足も出せない。

だが、可能性が全くないわけではない。国連教育科学文化機関（UNESCO）の世界自然遺産に 2005 年に登録された「知床」を北方四島の北隣のウルップ島まで拡張するという構想である。世界遺産条約第 11 条３は「２以上の国が主権又は管轄権を主張している領域内に存在する物件を記載することは、その紛争の当事国の権利にいかなる影響をもたらすものではない」と定めている。

そこで、四島を共通項と考えてみる。四島までの拡張案なら、ロシアは実効支配の現状を盾に拒否するだろう。だがウルップ島を含む拡張案であれば、日本は「知床から北方四島まで」、ロシアは「ウルップ島から北方四島まで」を自国の領土としてお互いに主張できる。四島という共通項が「グリーンベルト（国境線の両側に設けた緩衝地帯）」の役割を果たしてくれる。領土問題を棚上げしたままで実現可能な保全策だ。これ以上事態が悪化しないうちに両国の研究者が手を携え、双方の政府を動かしてみてはどうか。

参考文献；大泰司紀之・本間浩昭 2008『知床・北方四島』岩波新書カラー版,

本間浩昭 2007「北方四島をどう保全するか」松永澄夫編『環境設計の思想』東信堂

T14-1

生物多様性の時間的ダイナミクスをめぐる概念と保全・管理への示唆

富松裕（東北大・生命科学）・小柳知代（農環研）

生息地の破壊や分断など，近年の人間活動にともなう景観の改変は，生物多様性に多大な影響を及ぼしている。しかし，現在見られる生物多様性の空間パタンは，現在だけでなく，過去の景観構造を反映し続けていることが少なくない。これは，種の絶滅や定着が，景観や環境の変化に対して遅れて生じることで，多様性が一時的に過剰になる，または不足するために生じる。このような種の応答のタイムラグ（"extinction debt" や "colonization credit" などと呼ばれる）を明らかにすることで，景観変化にともなう生物多様性の時間的ダイナミクスを理解しようとする試みが，近年盛んに行われている。タイムラグを考慮することは，効果的な保全・管理策を講じる上で極めて重要である。例えば，多くの種で絶滅までのタイムラグが大きいとき，今後失われる生物多様性の減少量を過小評価してしまう可能性がある。世代時間の長い群集では，絶滅までのタイムラグが 100 年以上にも及ぶことが指摘されており，今後いっさい生息地が失われなかったとしても，生物多様性が長期にわたって減少し続ける可能性が高い。また，生息地を復元する際，分散能力の低い種が定着し種多様性が回復するまでには，数百年を要する場合もある。このことは，自然再生事業における長期的な視野および継続的なモニタリングの重要性を示している。本講演では，生物多様性の時間的ダイナミクスをめぐる概念と，その研究手法，これまでに得られている知見，保全・管理への示唆について解説し，本トピックの重要性について議論する。

T14-2

関東平野における草原生植物の種多様性パターンと景観の履歴

小柳知代・楠本良延・山本勝利（農環研）・大久保悟・武内和彦（東大院農）

景観構造の変化に対する種の反応の遅れは、世代時間の長い森林生や草原生の多年生草本で多く認められており、地域に残された個体群に内在する将来的な絶滅の可能性（絶滅の負債：extinction debt）が指摘されている。本研究では、関東平野の筑波稲敷台地を事例対象地として、現在の草原生植物の種多様性パターンと過去の景観構造との関係を検証することで、景観変化に伴う種の応答のタイムラグを検出した。具体的には、(1) 現在の草原生植物の多様性を説明する上で、最も有意な関係性を示す景観構造の年代とその空間スケールを明らかにした。さらに (2) 種特性の異なる種群ごとに、主要な景観変化に伴って生じたタイムラグの長さの違いを検証した。

(1) 対象地における現在の草原生植物の種多様性は、現在ではなく過去（1880、1950 年代）の景観構造（樹林と荒地の割合）と有意な関係を示した。また、伝統的な土地利用配置と対応した空間スケールが重要な意味を持つことが明らかになった。(2) 草原生植物の中でも高茎の風散布型草本は 100 年以上のタイムラグを示した一方で、高茎の重力散布型草本はタイムラグが短く、景観変化に対して敏感に反応することが明らかになった。

本研究の結果から、現在の草原生植物の種多様性パターンは、過去の景観変化による影響を強く受けていること、また、過去の景観変化による影響は分散能力を主とした種特性によって異なることが明らかになった。今後は、景観の履歴が異なる地域での比較研究を積み重ねていくことで、研究結果の一般性や具体的な保全策への応用可能性を検討していく必要がある。

T14-3

哺乳類の分布パターンと景観の履歴

斎藤昌幸・小泉恵佑（横浜国大・環境情報）

過去の景観構造は、生物の現在の分布に少なからず影響をあたえている。これは、景観変化に対する生物の応答には、タイムラグが生じるからである。タイムラグの大きさは、生物の保全・管理をおこなう上で重要な情報であるため、近年盛んに研究がおこなわれている。しかしながら、その研究例の多くは植物に偏っており、動物（とりわけ哺乳類）に関する情報はきわめて少ない。本研究では、本州における哺乳類の現在の分布に対して、過去の景観がどのような影響を与えているのか調べた。

哺乳類の現在の分布データは、環境省の第 6 回自然環境保全基礎調査（2000-2004 年）を利用した。対象種は、この調査で取り上げられている 8 種（アナグマおよびツキノワグマ、イノシシ、ニホンジカ、キツネ、ニホンザル、タヌキ、ニホンカモシカ）である。環境要因には、1976 年および 1986 年、1997 年、2006 年の土地利用面積と、最大積雪量、月最低気温を用意した。分布および環境要因はすべて 2 次メッシュに集計した。対象種の現在の分布は、第 2 回自然環境保全基礎調査（1978 年）における分布から拡大していることが指摘されているため、分布適地を環境要因で表現したロジスティック関数（定着確率）と分布拡大カーネルを表現した指数関数（過去の分布からの分散確率）の積として、現在の分布を予測するモデルを作成した。土地利用の年代ごとにモデルを作成し、現在の分布を最も説明する年代を種ごとに推定した。

その結果、キツネとタヌキを除く 6 種で現在の景観が重要であることが示された。哺乳類は植物にくらべて分散能力が高いため、タイムラグが小さかったと考えられる。景観が生息に適さない状態に変化すると、哺乳類はすぐに移動（あるいは絶滅）してしまうのかもしれない。

T14-4

小笠原諸島における陸生貝類の種多様性パターンと景観の履歴

千葉聡（東北大・生命科学）

現在観察される種多様性のパターンは、現在の環境条件や種間相互作用だけによって作り出されているとは限らない。むしろ、過去の景観や環境条件を強く反映したものである可能性がある。この仮説を、小笠原諸島の陸産貝類に見られる種多様性の空間パターンを解析することにより検討した。小笠原では、戦前に森林が大規模に伐採され広域に耕作地が存在したが、1970 年の段階で森林がほぼ回復し、その後大部分の島でほぼ全域にわたり森林が維持されてきた。このような歴史的背景から、小笠原は環境条件の歴史的な影響を理解する上で優れた自然の実験場である。解析の結果、母島の陸貝種数の空間パターンは、植生など現在の環境条件との関係よりもむしろ戦前の耕作地の分布と、より強い相関を示した。このことは、陸貝の種多様性のパターンは、森林が回復して以後 40 年以上が経過しても、依然として戦前の景観の影響を留めていることを示している。生息場所の喪失の影響は、生息場所の回復後も長期にわたり残ると考えられる。しかし、母島における種多様性のパターンの形成にはさらに複雑な要因が関わっていた。母島では 1990 年代初頭以降、陸生プラナリアの捕食により陸貝の絶滅が起きたが、この絶滅は特にプラナリアの密度が高い湿った高標高地で著しかった。またプラナリアが木に登らないため、この絶滅は地上性の種で特異的に起きた。この 1990 年代以降の局所的な絶滅のため、地上性種の種数と標高の関係は、正の相関から負の相関にシフトした。一方、樹上性種では正の相関が維持された。このように現在観察される種多様性のパターンは、異なる時代の環境条件によって作り出されたパターンのモザイクとなっている。以上のように、種多様性パターンの形成要因を推定する場合、歴史的な要因を考慮に入れる必要がある。

T14-5
利根川下流域の水田地帯におけるシギ・チドリ類の春季の分布パターンと景観の履歴
西川雄太（東大・生物多様性）・木本祥太（東大・生態環境調査）・天野達也・D.S. スプレイグ（農環研）・加藤和弘（東大・生態環境調査）・藤田剛・樋口広芳（東大・生物多様性）

日本で見られる淡水性シギ・チドリ類は水田を渡りの中継地として主に利用するが、近年個体数の減少が著しい。水田地帯では、新田開発、乾田化、周辺景観の変化など、様々な時空間スケールで環境改変が起こっており、シギ・チドリ類の生息地利用への影響の解明が求められている。

水田地帯でのシギ・チドリ類の空間分布は、各種が最適な生息地を選択した結果と考えられる。しかし、渡り途中の短い滞在期間に最適な生息地を探すのは困難とも考えられ、実際の生息地は過去の経験などから決められている可能性もある。その場合、後背湿地など過去の生息地の分布が現在の生息地の質に関わらずシギ・チドリ類の空間分布に影響を与えている可能性がある。一方で、過去の土地利用が現在の生息地の質に直接影響を与えている可能性もある。そこで本研究では利根川下流域の水田地帯を対象に、現在の水田管理様式と景観要素に加え、過去の生息地分布がシギ・チドリ類の空間分布に及ぼす影響の解明を目的とした。

調査では、利根川下流域の水田地帯に 1km のラインセンサスルートを多様な環境を網羅する形で 28 ヶ所設け、2010 年 5 月 3 日～ 25 日の期間に全ルート 5 回ずつシギ・チドリ類のセンサスを行った。

現在の環境要因として、調査区域における水田の水深、農地の水田率を現地調査から、周辺 1 ～ 5km内の水田、開放水面、市街地の面積を『100m 細分メッシュデータ』から数値化した。また、過去の環境要因として、1880 年～ 1886 年に作成された『迅速測図』から周辺 1km 内の湿地面積を集計した。解析では、各ルートにおけるシギ・チドリ類の種別個体数を目的変数、過去及び現在の環境要因を説明変数とする多変量解析を行った。発表では解析結果から過去の土地利用の影響を中心に考察する予定である。

T15-1
環境経済学から見た生物多様性：マクロ経済学によるアプローチ
中嶌一憲（兵庫県立大・環境人間学）

生物多様性の変化が社会経済に及ぼす影響を経済的に評価することは、生物多様性に関する環境政策立案において重要であることは言うまでもない。この生物多様性の経済評価は、気候変動問題の経済評価として話題となった Stern Review の生態系版と言われる TEEB（The Economics of Ecosystems & Biodiversity）において取り上げられ、また 2010 年に名古屋で開催された生物多様性条約第 10 回締約国会議（COP10）において議論の 1 つとなっていることからも、その評価手法の確立は国際的に急務であることを窺い知ることができる。

これまで環境経済学において、生物多様性の経済評価は環境評価手法（顕示選好法や表明選好法）を用いて行われきた。この環境評価手法による生物多様性の経済評価は、ある仮想的状況下での生態系そのものの経済的価値を評価するものであり、政策実施を通じた生物多様性の変化による地域別あるいは産業別の経済活動への影響や波及効果まで評価することはできない。一方、近年、わが国においても生物多様性保全に関する様々な取り組みが全国の市町村レベルにおいて検討されている。そのため、保全政策実施による経済活動や生物多様性への影響を評価すると同時に、保全政策を費用効率性の観点から評価し、経済的に優先順位の高い政策オプションを提示するための包括的な枠組みが必要である。つまり、経済学に基づいた枠組みを用いて、生物多様性保全政策をシミュレートすることにより、どのような政策を実施すれば、どのような影響が生態系にあり、どの地域・産業の経済活動にどのくらいの便益や費用が発現するのか、といったことを明らかにできる。

このような背景を踏まえて、環境経済学による政策評価という観点から、生物多様性保全政策の経済評価およびその評価手法に関して、近年の動向とともに紹介する。

T15-2
環境経済学から見た生物多様性：ミクロ経済学によるアプローチ
野原克仁（東北大・生命科学）

経済学は、限られた資源の最適配分を研究する学問であり、生物多様性も社会経済の中において最適配分を考慮する必要がある資源であると言える。近年の生物資源の過剰利用が生物多様性の劣化を招いていることは明白であり、生物多様性が提供する多くのサービスの価値を顧みない開発や発展が、いかにアンバランスな生物資源の配分を行っているかの証左となっている。持続可能な発展の実現が、人類にとって喫緊の課題であることが認識されてきた今日において、理想と現実の対照は際立つばかりである。

ではなぜ、自然資源の過剰利用が起こるのか？経済学において財は私的財、クラブ財、コモンプール財、公共財の 4 つに分類される。コモンプール財とは競合的で排除不可能な財、公共財とは競合もせず排除もできない財のことであり、一般的に自然資源はこれらの財に分類される。つまり、誰も排除できないため、競合した場合は資源が枯渇するまで利用され、競合しない場合は質が劣化するまで利用されてしまうことから、過剰利用が起こる。

それでは、生物資源が枯渇しないよう、最適な配分を実現するためにはどうすればよいか？それには、生物多様性の価値を経済的に評価することで価格をつけ、市場メカニズムに取り入れることが考えられる。

では生物多様性の価値をどのように経済的に評価すればよいのか？経済学では、人々が生活上直面する様々な選択行動は、全て個人の満足を最大にすることを暗黙裡に仮定している。つまり、人々の実際の行動結果から得られるデータを用いた顕示選好法が、信頼性の高い手法と言える。しかし、これらのデータが入手できない場合も多々あり、その場合は仮想的な質問を行いデータを補完する。これを表明選好法と呼ぶ。

以上から、環境経済学という立場から生物多様性を見た場合、諸手法が生物多様性の評価にどのように貢献できるのかを、近年の最新の動向を踏まえて紹介する。

T15-3
外来植物の最適管理戦略：駆除にどれだけ投資すれば良いのか？
横溝裕行（国立環境研究所）

現在、様々な侵略的外来種が原因で、在来種の種数や個体数が減少したり、農業被害が発生している。侵略的外来種の駆除のための予算は限られているために、侵略的外来種による被害を効率的に軽減できる管理戦略を構築することは重要である。また、侵略的外来種の生存率などの確率性や、様々な不確実性に対処せねばならない。本講演では、農業などに被害をもたらしている外来植物の最適管理努力量を求めるための理論的研究を紹介する。

最適な管理努力量を求めるためには、外来植物の密度によってどのくらい経済的被害があるのかを知る必要がある。外来植物の密度と経済的被害の関係は正比例するとは限らない。例えば、Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) は、種子が穀物に混入する事によって輸出が禁止されたりするために、低密度でも経済的被害は甚大となる。一方、Paterson's curse (*Echium plantagineum*) は、家畜にとって毒性があるが、低密度の場合は利用しないので影響がほとんどなく、高密度の場合のみ経済的被害が大きくなる。しかし、外来植物の最適管理努力量を求める理論的研究のほとんどは、外来植物の密度と農業や生物多様性に与える負の経済的影響の関係が明示的に考慮されてこなかった。

本研究では、外来植物の密度を減少させるがコストを伴う管理努力量の最適値を導出し、外来植物の密度と経済的影響の関係が最適な管理努力量にどう影響を与えるのかを明らかにした。また、この外来植物の密度と経済的影響の関係を誤って適用することによってもたらされるコストを計算することによって、この関係を調査・研究することの重要性を情報の価値として定量化した。

T15-4

基礎自治体が実現可能な生態系管理のフレームワーク

三橋弘宗（兵庫県立大・自然研）

生物多様性に関する事業は、これまでは国や県が主体となるか、各種団体の自主性による場合が多く、基礎自治体となる市町村の発案による独自事業は極めて少ない。つまり公的に実施できる事業量は、県や国の予算や職員数によって規定されているのが現状だ。将来的に、保全や再生に関わる事業量を増やすには、基礎自治体での取り組みに期待するのが一つの解決策である。基礎自治体は、地域固有の課題を把握しており、住民や各種事業者との距離が近く、意志決定が容易で、地域との協働が行いやすい。さらに、県や国が管轄する河川や森林、農地などの土地管理を伴う施策の予算や意志決定に参画できる立場にある。権限は限定的だが、様々な課題や生息場所を面的に扱うことができる。基礎自治体において、生物多様性の視点を盛り込んだ独自の事業を安定的に実行するには、地域のマスタープランとなる総合計画や環境基本計画に、事業目的と事業量、そのアウトカムを明記することが現実的な対応策となる。加えて、生物多様性分野以外への波及効果、例えば農業や地域振興、水源確保といった生態系サービスを介したメリットを示せれば同意を得やすいが、現状では、そこまで踏み込んだ記述はほとんどない。もし、生態学者が市長や政策スタッフとなった場合には、まず、総合計画もしくは環境基本計画のなかに、明確な指標を設定し、その指標を実現するために必要となる施策群を位置づけることを挙げたい。こうした指標の設定では、生態系サービス賦存量のように管轄する土地全体で集計した指標群と、保護区設定や自然再生や希少種対策などの特定地点での努力量を定めた指標群などを組み合わせることで、実現性を担保する事例を紹介する。こうした各種施策のアウトカム指標となる生物指標による検証やモニタリングのあり方についても事例を示し、生態学の理論研究と施策を関連づけるために必要となる新たな枠組みに関する試案を紹介したい。

T16-1

外来生物法の見直しの論点

村上興正（京都精華大）

外来生物法は、生態系や人に係る被害を防止するために、とくに悪影響のおそれが強い動植物を特定外来生物や未判定外来生物に指定し、その管理を定めた法律である。また、法律以外の運用として悪影響を及ぼすおそれの強いものなどを要注意外来生物として、指定することで一般の人の注意喚起を行っている。防除に関しては、防除の主体に応じて、公示、認定、確認等の手続きは規定しているが、防除の項目を定めているだけで実施内容については規定していない。このために侵略的外来種の管理においては多くの課題がある。以下に論点を列記する。

1. 導入の阻止
 1.1. 意図的導入 - 指定状況の検討と指定の効果
 特定外来生物の指定状況は妥当か
 未判定外来生物の指定はどうか
 要注意外来生物の現況
 種類名証明書の効果
 輸出入の禁止・移動の禁止・遺棄の禁止・逸出の防止
 飼育・栽培の禁止と野外への放逐の禁止（撒く、植える、放つ）
 1.2. 非意図的導入　- 侵入経路の特定と規制
 1.2. 水際対策は妥当か：税関での対応
2. 早期発見と早期対策
 早期発見システムとその後の早期対策のシステムはできているのか
3. 定着後の侵略的外来種の管理
 制御と根絶 - 防除事業の進展
 目標設定の妥当性：複数種の選択と優先順位の決定　駆除事業の場所
 優先度順位の決定　排除手段の妥当性と技術開発、混獲の防止
 捕獲の効果確認：対象種の減少と被害の軽減並びに在来生態系の復活
 防除の振興：排除の障害要因の解析　意識啓発　防除の役割分担
 予算・人材の確保

T16-2

外来哺乳類の根絶に向けての問題

山田文雄（森林総合研究所）

外来生物の侵入や定着の段階に応じて，導入を阻止する予防的措置，侵入されてしまった場合の初期対策，その後の定着個体群の防除対策が実施される．定着個体群に対する防除対策としては，実行可能性検証に基づく対策を検討し，効果的な個体数制御対策や根絶対策のための，予算的措置や期間設定，体制構築や手法開発を立て実施に移される．また，防除と平行して，捕獲の効果の検証として，標的外来生物のモニタリングや在来種や生態系の反応や回復のモニタリングをもとに順応的管理が求められる．「特定外来生物法」の防除に関する規定では，目標設定（完全排除、影響の封じ込め、影響の低減），計画的防除，モニタリングなどを計画的かつ順応的に実施すると掲げられている．しかし，防除事業を進める中では，さまざまな問題が生じている．根絶目標のもとに防除対策が実施されている奄美大島と沖縄島北部地域（やんばる）のマングース防除事業から問題点を抽出してみたい．現在，マングース防除事業では，防除の第一段階が達成され，生息数の低減化や分布域の縮小化が図られ，一部での地域的根絶も実現しつつあり，また，在来種の回復も認められ，現行手法が有効なことが明らかになってきた．しかし，根絶に向けて克服すべき問題は多い．例えば，標的外来生物の生物学的情報が乏しいために有効な戦略的対策が立てられない．また，在来種希少種の生物学的情報が少ないためにリスク評価ができず，また文化財保護法の指定種は混獲死亡が認められていないために，標的外来種の捕獲効率が低下する．特定外来生物種の取扱規制があるために，根絶のための調査研究に支障が生じる．一方で，九州本土（鹿児島市喜入）で 30 年前から定着したマングース個体群が最近発見されたが，同じ鹿児島県でこれが見過ごされており，普及啓発不足や情報収集体制不足，さらに初動対策が機能していないことを示している．

T16-3

外来哺乳類対策の展開と地域協働

池田透（北海道大学）

外来生物法では、現在までに 21 種類の哺乳類が特定外来生物の指定を受けているが、現時点で主務大臣以外の者が特定外来生物の防除を行う場合の防除の確認・認定をうけているものは、アライグマ・カニクイアライグマ・アメリカミンク・ヌートリア・クリハラリス・アカゲザル・キョン・マスクラットの 8 種類であり、導入された全ての哺乳類に防除が実施されてはおらず、侵入地域も網羅されているわけではない。また、実際の外来哺乳類対策では、外来生物法による防除の確認・認定の他に、有害鳥獣捕獲による対策も可能となっており、農業被害等が顕著なアライグマなどでは、未だに有害鳥獣捕獲によって対策が実施されている地域が多い。

有害鳥獣捕獲は、農業等被害に対する対症療法に過ぎず、速やかに外来生物法に基づく防除の確認・認定による科学的対策に移行することが望まれるが、市町村等では防除の確認・認定を敬遠する傾向が強い。その理由としては、防除計画を立てて確認・認定を受けることのメリットが明確に理解されていないこと、また、国・都道府県・市町村及び NPO 等の役割分担が明確ではなく、対策が地域に丸投げされている感をぬぐえないところにある。また、防除の確認･認定を受けている場合でも、地域で個別に対策が進められており、地域間の連携が望まれる。

さらに、対策の実施においては行政と地域関係者との協働が重要であり、実際に地域的根絶が達成された小笠原のヤギや、根絶まであと一歩という和歌山タイワンザルの事例においても、行政と地域関係者における協働が対策進展に大きく寄与していることから、組織間の連携も必要と考える。

今後外来哺乳類対策を効果的に実施するためには、国・都道府県・市町村等の役割分担を明確にした上で、地域住民や関係者との協働を進め、各々が機能的に協働できる科学的総合防除体制の構築が急務と考える。

T16-4

外来爬虫類・両生類の防除実態と課題

戸田光彦（自然環境研究センター）

爬虫類及び両生類（とりわけ小型の種）は食料等としての有用性も産業被害もほとんどなく、多くの種が人にとって無害無益の生物として認識されてきた。そのため、狩猟・漁労・農業害虫駆除といった「対象動物を効率的に捕獲・駆除するための試行錯誤の歴史」が他の分類群に比してはるかに短く、捕獲手法が十分に開発されていない。

現在、日本で定着が報告されている特定外来生物の爬虫類は４種、同じく両生類は３種であり、これらを中心に各地で防除が実施されている。防除事例は八重山諸島、小笠原諸島といった島嶼部で多く、本土ではウシガエルとアカミミガメを対象としたものが多い。多くの防除事例では生態系被害の軽減を目的としており、関連して、防除効果（＝生態系の回復状況）の測定手法が十分に確立しているとは言い難い。

演者が関わってきた外来爬虫類・両生類（グリーンアノール、オオヒキガエル、ウシガエル等）の防除の経験から、島嶼などの狭い地域では、地域根絶を含めた効果的な防除を実現することが可能である。ただし、単位面積からの完全排除に必要な労力が哺乳類や樹木のそれに比べてはるかに大きいと言える。今後の外来爬虫類・両生類の防除においては、次のような点が課題となるであろう。

①対象種、地域特性及び防除目標に応じた適切かつ現実的な計画を立案すること（目標を定めずにひたすら捕獲している事例もある）。

②計画達成にふさわしい手法を開発・採用すべきこと（目標に比してきわめて小さい捕獲努力量しか費やされていない事例もある）。

③防除作業と並んでモニタリング（防除の効果測定）を実施し、次期の防除に活用すること。

外来爬虫類・両生類を対象とした防除においては、単位面積あたり労力が多大で広域での展開が困難な事例が多いと推測される。新たな防除を展開するためには、これまでに試されてこなかった新たな捕獲・遮断等の技術を編み出すことが求められている。

T16-5

外来魚類対策からみるモデル事業と要注意外来生物

中井克樹（琵琶湖博物館）

2005年６月の「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」（外来生物法）の施行に際し、オオクチバスは、この法律で規制することの是非が大きく注目されたが、紆余曲折を経てブルーギル、コクチバスとともに規制対象である特定外来生物に指定された。

法律施行年度の後半から、これらの魚種を対象にその効果的な生息抑制を図るべく「オオクチバス等防除モデル事業」が始まった。事業水域としては、伊豆沼・内沼、片野鴨池、琵琶湖（以上、ラムサール条約登録湿地）、羽田沼、犬山市のため池群、藺牟田池（以上、希少種の生息地）の６箇所が選定された。当初、実施期間は2008年度末までとされていたが、2011年１月現在、３箇所で事業が継承されている。

これらのモデル事業については、対象魚種の抑制状況や保全対象の回復状況の把握が不十分であること、優占するブルーギルに適した抑制手法の開発が不十分であること、実施水域が止水環境に限られていること、実施水域間での情報の共有や連携がほとんど図られていないこと、などが今後の課題として挙げられよう。

また、法律の施行と合わせて、環境省は「要注意外来生物」を選定しウェブサイトでリスト化し､これらの解説を行っている｡しかし、このリストの内容は設置当初のままで、注意を喚起すべき外来生物でありながら含まれていないものもあり、定期的な点検が不可欠である。要注意外来生物リストは、特定外来生物選定のための基盤としてだけでなく、その啓発的役割にも期待して、法律の枠組みにとらわれず柔軟に随時、整備することが需要であると、演者は考える。そのために参考とすべきは絶滅危惧種対策である。そこでは、定期的に整備されるレッドリストが種の保存法の対象種の指定のためだけでなく､生物多様性の保全の諸目的のためにも有効利用されている。

T16-6

外来淡水二枚貝類の拡大と防除

伊藤健二（農業環境技術研究所）

特定外来生物に指定されている淡水二枚貝類は「カワヒバリガイ属の全種」「カワホトトギスガイ（ゼブラガイ）、クワッガガイ」であり、そのうち国内で定着が確認されているものは中国・東アジア原産のカワヒバリガイである。カワヒバリガイは1990年代初頭に木曽川水系下流部と琵琶湖・淀川水系への侵入・定着が確認され、現在では東海・関東地域を含む広い範囲で生息が確認されている。本種は日本国内に少なくとも二回、独立した侵入が生じ、その侵入経路は原産地からの輸入水産物（シジミなど）への随伴と推察されている。近年新たな地域での発生や被害の報告が相次いでおり、一部地域では対策に苦慮している。現在行われているカワヒバリガイへの対策は、被害が発生した施設での貝の駆除や付着対策を中心とする被害防止（軽減）の取り組みであるが、より根本的な対策である侵入・拡大防止を目的とした対策はほとんど行われていない。例えば，輸入シジミへの混入は既に1987年に報告されていたが、その後の対策や実態調査は行われていない。また，水産物や種苗の流通などを経由した国内移動についても、その可能性は指摘されるものの実情は明らかではない。近年明らかになった導水路等の利水施設を経由する河川間の分布拡大についても、ほとんど顧みられていないのが実情である。人為的な営みと関係するカワヒバリガイの侵入・拡大のプロセスは、ほとんどが「非意図的」であり、これらの行動を規制するうえで外来生物法は十分役に立っているとは言い難い。これらの問題を解決するうえで外来生物法が有効に機能するためには､なんらかのかたちで「非意図的」な営みを規制できるような修正･運用が必要だと考えられる。

T16-7

外来昆虫類の防除対策の見直し

井上真紀（国立環境研究所）

侵略的外来生物（侵入生物）は、生物多様性の減少をもたらす要因のひとつとして認識されており、その経済的損失も甚大である。近年の世界経済のグローバル化と自由貿易の促進によって、物資や人の国際移送に伴う新たな生物の侵入や定着・分布拡大は増加し続けており、侵入生物の問題はますます深刻化している。食料自給率が40%以下に過ぎず、海外からの物資に大きく依存している日本には、意図的導入種に加え、さらに多くの非意図的侵入生物が持ち込まれている。さらに最近のトピックスとなっている環太平洋戦略的経済連携協定（TPP）では、貿易における全品目の関税を原則として完全撤廃を目指しており、TPPによって自由貿易化はさらに加速することが予想され、それに伴って新たな侵入生物の導入の危険性が増している。こうした経済活動を背景に、農林水産省では、植物防疫法施行規則の改正により、従来のホワイトリスト方式から農業被害をもたらす可能性のある種を明示するブラックリスト方式への転換を検討している。植物防疫法における検疫が緩和された結果、外来昆虫の導入がより容易になることが予想されることから、外来生物法による検疫体制の構築・強化が特に重要となってくる。また、防疫薫蒸には、国際的に原則使用禁止とされている臭化メチルが例外的に禁止措置の対象から外されているが、ブラックリスト方式が採用されれば、指定された病害虫が発見された場合にのみ使用が制限される可能性がある。また、現在特定外来生物に指定されている外来昆虫のうち、アルゼンチンアリでは防除事業が各地に行われているが、外来生物法では防除における薬剤の使用規制はまだない。今後、外来昆虫においても薬剤による防除は必要不可欠であり、それには外来生物法において薬剤使用規制を視野に入れた改正が求められる。

T16-8

非意図的外来生物の問題

五箇公一（国立環境研究所）

これまでの外来生物対策は脊椎動物や大型節足動物、植物など目視で種の識別が可能な生物の侵入に注目が集まり、「目に見えない外来生物」についてはこの生態学会においても相変わらず研究や議論が進んでいない。しかし、悪性の病原体を媒介する寄生生物や生態系の改変をもたらす微小な節足動物など、「目に見えない外来生物」は生態系のみならず人間生活にも深刻な影響をもたらす恐れが高い。特に、天然資源のほとんどを海外に依存する我が国においては、様々な輸入資材に紛れて非意図的に侵入してくる「随伴侵入生物」の問題が深刻化している。さらに、エキゾチック・アニマル・ペットブームによって様々な外来動物の輸入が今も盛んに行われており、それら外来動物とともに「人獣共通感染症」が持ち込まれるリスクも急速に高まっている。アライグマやマングース等、既に日本国内の野外で定着を果たし、今もなお、分布を拡大している外来哺乳類も、狂犬病ウィルスや鳥インフルエンザ、レプトスピラなどの深刻な病原体のベクターとなり得ることが既に明らかとなっており、一旦、これら病原体が国内に侵入した場合、瞬く間に生態系や人間社会の中で感染拡大が引き起こされることが懸念される。同時に、こうした感染症リスクについて、外来哺乳類の駆除事業担当者の間ですら、十分な普及啓発が行き届いていないというリスキーな現状がある。「感染症」の防除は本来、厚生労働省の管轄となる問題ではあるが、「人獣共通感染症」の運び屋が外来生物である以上、その持ち込みを根本的に規制することは、環境省外来生物法の重要な役目といえる。

T16-9

外来生物関連法の見直しと社会的合意のあり方

草刈秀紀（WWF ジャパン）

外来生物法が施行されて５年が経過し、５年後の見直しが検討されている。

法律の名称が「特定外来生物」とあるように、明らかに侵略性のある外来生物を指定して防除、根絶する仕組みとなっており、日本は、ダーティーリスト形式を選択している。第一条の目的条項に明記してある通り「この法律は、特定外来生物の飼養、栽培、保管又は運搬、輸入の取扱いを規制する～」とされてあり、指定されると、その行為の全てが規制される。本法の問題点は、例えるならば、輸入規制対象種と言う、個別の問題に対する指定ができないところにある。

本法の制定根拠となっている生物多様性条約では、そのテーマの一つとして侵略的外来種があり、各メインテーマを貫く横断的な問題として扱われている。外来生物法を始め関連法の見直しを考えた場合、鳥獣保護法、自然公園法や環境教育推進法などの改正だけではなく、他省庁の関係法令の改正も必要である。昨年の臨時国会で成立した生物多様性保全活動促進法も外来生物防除の一つのツールとして捉える必要がある。

外来生物の指定や防除、輸入規制など社会的な合意を得るためには、共通の認識が必要であり、学校教育や社会教育が不可欠である。外来生物法第２８条に国民の理解の増進として、教育活動、広報活動を通じて、特定外来生物の防除に関し、国民の理解を深めることが求められ、また、生物多様性基本法では、第２４条の国民の理解の増進において、学校教育、社会教育における生物の多様性に関する教育の推進、人材の育成、広報活動の措置をするよう求めている。

更には、2010 年 10 月の CBD-COP10 におけるポスト 2010 年目標で、侵略的外来種とその定着経路が特定され、優先度の高い種が制御・根絶され、侵略的外来種の導入・定着を防止する対策が１９３カ国の国際社会の合意とされている。早急に社会的合意として位置づけるべきである。

T17-1

はじめに：迅速な適応性と遺伝的同化－細胞から群集まで

嶋田正和（東大・総合文化・広域）

「適応」には２つの意味がある。一つは遺伝子の発現の制御が１世代内～数世代間に変化するもので、馴化・順応・エピジェネティクス（総称して表現型可塑性という）と呼ばれる。もう一つは、遺伝子の突然変異と自然選択が関係する数十世代以上の長期にわたって形成された進化的適応を意味する。最近、"rapid adaptation"（迅速な適応性）や "genetic accommodation"（遺伝的同化）等のキーワードが注目を浴びているが、表現型可塑性が遺伝系に取り込まれる過程（Baldwin 効果、genetic assimilation、genetic accommodation）の研究は、上記２つの適応過程を統一的に扱うことを目指す。これにより、エピゲノムの分子生物学から、形態形成のエピジェネティクス研究、さらには表現型可塑性を介した生物間相互作用から生物群集に至る進化生態学まで、幅広く研究者の興味を集めている。

かつては、適応進化を考えるには集団遺伝学に基づく突然変異－自然選択の古典学説（適応度の定式化）が主要な理論的枠組みで、これは数十世代から数百世代の時間スケールのモデルである。しかし、表現型可塑性と遺伝的同化のモデルは、1950 年代の Waddington のカナリゼーションに遡らなくても、21 世紀の知見で新たな枠組みを提示しつつある（West-Eberhard 2003, Kirschner & Gerhart 2005）。今後は、遺伝子型レベルの適応度地形と表現型レベルの適応度地形のズレを埋めていく genetic accommodation の理論が進展するだろう。

今回の集会では、「細胞から群集まで」と副題をつけ、特に、迅速な適応性の中でもマクロな側面である生物間相互作用から群集までを網羅して、講演を企画した。最後に、新しい進化生態学である「迅速な適応性」の今後の展開を、総合討論で議論したい。

T17-2

社会性アブラムシにおけるコロニー防衛の表現型可塑性：多様な兵隊の進化と起源

* 植松圭吾，柴尾晴信（東大・総合文化）

アブラムシはその生活史において様々な表現型多型を示すが、その大部分は単為生殖によって生じた個体であり、同一の遺伝子型から異なる表現型が生じることにより、環境の変動に対応している。本発表では、コロニーを形成する社会性アブラムシにおいて、表現型可塑性によって生じ、コロニーの防衛をおこなう利他的個体である「兵隊」アブラムシに焦点を当てる。

まず、表現型可塑性によってもたらされるコロニーレベルでの適応の例として、イスノキにゴールを形成するヨシノミヤアブラムシの社会システムを紹介する。本種では、有翅成虫と無翅成虫が表現型可塑性によって生じる。有翅成虫はゴールから脱出し、次の宿主植物へと移動し、コロニーを形成するという分散・繁殖を担っている。一方で、無翅成虫は、繁殖に加えて兵隊としての役割を持つ。我々の研究から、無翅成虫は繁殖能力を失った後も長く生存し、外敵の攻撃に対して自己犠牲的なコロニー防衛をおこなうことが判明した。繁殖終了後の個体によるコロニー防衛は社会性昆虫において初の発見である。

次に、表現型可塑性が新奇な表現型の進化をもたらす例として、*Colophina* 属のアブラムシにおける不妊の兵隊の進化について紹介する。本属では、表現型可塑性の結果、１齢幼虫において形態・行動ともに防衛に特化した不妊の兵隊が生じる。この兵隊の進化について、祖先種の表現型可塑性をもたらす発生プログラムを転用することで兵隊の進化が可能となったという仮説（Akimoto, 1985）が提唱されている。*Colophina* 属３種についての形態解析の結果から、上記の仮説について議論したい。

T17-3

在来寄生蜂群集における侵入種オオモンシロチョウへの迅速な適応

田中晋吾（北大・昆虫体系）

T17-4

ワーカーの隠された攻撃性－カースト組成に依存した可塑的な防衛行動－

* 石川由希，田部 慧，三浦 徹（北大院・環境）

生物をとりまく環境は常に変動している。そのため生物は状況に応じて適切にふるまい、変化に富む環境を生き残ろうとする。社会性昆虫のコロニーは、タスクへの従事率やカースト比などを環境に応じて変化させる。このような集団レベルでの環境応答性はどのように実現されているのだろうか？社会性昆虫の発生運命は同巣他個体によっても調節される。例えばシロアリの兵隊分化は、兵隊により抑制され、生殖虫により促進される。つまりシロアリはカースト組成に応じて発生運命を変化させ、環境変化に集団レベルで応答するのである。しかしここには致命的な欠陥がある。応答の遅さである。外敵などの環境変化は数時間で変化するが、兵隊分化は脱皮を介して行われるため数週間を必要とする。すなわちこの「遅い」応答だけでは、直近のコロニーの危機に対応できない。そこで我々はこれを補う機構として、「行動の可塑性」に注目し、オオシロアリ *Hodotermopsis sjostedti* を用いて下記の行動実験を行った。

シロアリを単独で外敵に曝した場合、その攻撃性は、兵隊＞擬職蟻＞二次生殖虫の順に高かった。ところが同巣他個体と組み合わせて外敵に曝すと、擬職蟻の攻撃性は随伴するカーストによって短時間で劇的に変化した。兵隊の存在は擬職蟻の攻撃性を抑制し、二次生殖虫の存在は攻撃性を促進した。この効果は他個体を取り除いた後もしばらく維持された。一方、兵隊や二次生殖虫の攻撃性はこのような可塑性を示さなかった。これらの結果から、兵隊や生殖虫の存在はワーカーの発生運命だけでなく、短期的な行動レベルも調節していることが明らかとなった。ワーカーの攻撃性の可塑性は発生運命の応答の遅さを補完し、コロニーを効果的に防衛する重要な機構であると考えられる。

T18-1

趣旨説明：閾値って生態系管理に役立つの？

* 岩崎雄一（東工大・理工），古川拓哉（横浜国大・環境情報），森章（横浜国大・環境情報）

生態学的閾値は，生態系がある状態から他の状態への急激に変化する点もしくは領域と定義される。この概念を生態系管理に適用する上で特筆すべき利点の一つは，人にとって望ましくない生態系の変化を引き起こす攪乱要因の程度（＝閾値）を同定することで，その管理方法の策定に貢献できることである（例えば，水質環境基準のような管理目標値の設定）。しかしながら，その閾値の同定や応用には，観測された閾値が着目する攪乱要因の影響ではない可能性があること（例えば，自然変動の一部）や，それがどの程度一般性がある現象であるかなど複数の問題を伴う。事実，発表者である岩崎は，河川中の重金属濃度と底生動物種数の関係を調査する過程で，閾値応答を検出し，その扱いに戸惑った経験がある。

そこで，本企画集会では，閾値応答の事例紹介を含め，生態学的閾値の入門書や取扱説明書のような情報について提供・議論できればと考えている。本発表では，本企画集会を進める上での基礎的な情報として，生態学的閾値の定義やその潜在的な有用性を紹介し，上記の問題を提起したい。

生態学的閾値の利用を通して，生態系管理や生態リスク管理への貢献を目論む本企画集会は，一昨年から連続して開かれたシンポジウム「我々は「生態リスク」とどう向き合うのか？」シリーズの「生態学的閾値」版ともいえる。

T18-2

水圏で閾値な話：数理モデルによる生態学的閾値の導出

瀬戸繭美

T18-3

森林で閾値な話：強度の薪利用が引き起こす植生の閾値的変化とその管理

* 古川拓哉（横浜国大・環境情報），藤原一繪（横浜市大・生命ナノ），Samuel K. Kiboi, Patrick B. Chalo Mutiso（University of Nairobi）

生態学的閾値の保全・再生における有用性が語られる中で、強い伐採圧を受ける森林生態系における閾値の応用例はあまり多くない。一方で、途上国貧困層の多くは森林から得られる薪炭に強く依存しており、森林の面積減少や荒廃が懸念されている。閾値の汎用性を検証するために、本発表では生態学的閾値の応用例として、ナイロビ都市林において薪利用の伐採傾度に沿った下層植生の閾値的変化を検証した例を紹介する。

撹乱傾度に沿った種組成の閾値的変化について検証したところ、居住地から約 350m、林冠開放度約 70%で、ギャップ群落から外来種の有刺低木群落への閾値的変化が検出された。薪利用は特定の資源（種）を選択的に利用するため、偏った人為インパクトの影響を利用樹種の選好性別に評価したところ、種組成の閾値的変化に伴って起こった生活形の変化と対応付けることが出来た。結果、外来種の増加と高木種に偏った人為インパクトが下層植生の閾値的変化に関与している可能性が示唆された。また、中規模撹乱仮説における中規模な撹乱強度と閾値を比較したところ、閾値は中規模な撹乱強度を超えて起こると考えられた。最後に、閾値と中規模な撹乱強度を指標とした植生の修復や予防的管理など、生態学的閾値の森林資源管理への応用を考察する。

T18-4

草原で閾値な話：生態学的閾値の定義とその応用および今後の展望

佐々木雄大（東北大・院・生命）

近年、生態学的閾値の概念は生態系管理において主要な役割を果たすものとして注目されている。生態系管理の観点からは一般に、生態学的閾値はある生態的状態から他の状態への急激な変化が起こる点もしくは領域と定義されている。例えば、サンゴ礁生態系におけるサンゴ群集から藻類群集への移行や、放牧地生態系における多年生イネ科草本群集から一年生広葉草本群集への移行において、生態学的閾値が存在することが示唆されている。生態学的閾値を越えるのを回避する条件や指標を割り出し、管理に応用することによって、生態系が人間にとって望ましくない状態になるのを防ぎ、望ましい状態を維持することが可能となる。

しかし、生態学的閾値はその実証の難しさゆえに曖昧に定義されることが多く、また解析上の問題が潜んでいる場合もあるため、理論と実証のかい離や、生態系管理における誤用を招くことが考えられる。さらに、閾値の概念の応用においては生態系における様々なリスクや不可逆的変化の回避に主に焦点がおかれており、不可逆的変化が起こった後の生態系の修復にも応用が可能である点はしばしば見落とされている。本発表では、放牧地生態系における実証例を交えながら、生態系管理における生態学的閾値の定義、管理へ応用する際のステップおよび注意事項を解説し、今後解明されるべき課題を整理したい。

T19-1

種多様性の地理的分布に対する歴史効果の影響

久保田康裕（琉球大・理）

局所的な種多様性のパターン形成は、主に、種間の相互作用や環境に対する種のニッチ適応で説明されてきた。一方、マクロ生態学的な種多様性パターンの検出が進むにつれて、マクロ進化の地理変異のような歴史的プロセスが、今日の地域・局所的な種多様性の形成に大きな影響を持つことが認識されつつある。したがって今後の生物多様性研究では、種多様性のパターン形成に対する歴史効果とニッチ適応効果の相対的な貢献度を分析することが要求される。本研究では、日本列島の生物群集を対象とし、第三紀後期から第四紀の気候変動に伴う陸橋形成や島嶼化が、生物多様性パターンに及ぼす過程に着目した。日本列島内の地域間の生物種の入れ替わりを分類学的ベータ多様性と系統学的ベータ多様性によって評価し、環境条件、地理的距離に伴う分散制限、地理的ギャップによる分断効果が、種多様性の空間変異に及ぼす効果を定量した。東アジア島嶼の生物群集は、気候的な移行帯に位置し、歴史的に大陸の生物群集をソースとして形成されてきた。よって、島嶼間の生物群集の種多様性の空間変異は、気候環境に対する種のニッチ適応と地理的イベントによる種の移動や種の多様化が影響していると予想される。この過程を、分類学的ベータ多様性と系統学的ベータ多様性のパターンの比較に基づいて議論する。

T19-2

種多様性の地理的パターンとニッチ保守性

平尾聡秀（東大・秩父演習林）

種多様性の緯度勾配などの地理的パターンを解明するためのアプローチの１つは、生態学的特性の進化、ニッチ分化に着目して多様化を説明することである。それに対して、生態学的特性が進化的な時間スケールで保持されるという性質、ニッチ保守性が種多様性の地理的パターンの形成に大きく寄与している可能性が指摘されるようになってきた。ニッチ保守性は祖先種の生態学的特性が子孫種に保持される傾向のことであり、近年の系統情報の蓄積に伴って、系統樹上でニッチが保守的かどうかに関する議論が活発になりつつある。種多様性の地理的パターンと密接に関係するニッチ保守性の１つに、熱帯ニッチの保守性、もしくは温度耐性ニッチの保守性がある。多くの系統が熱帯に起源し、熱帯ニッチの保守性が存在する場合、熱帯起源の生物は低温耐性を獲得することが難しく、温帯への移入・定着が制限されることになり、ニッチ保守性が潜在的に種多様性の緯度勾配を説明しうる。しかし、熱帯ニッチ保守性だけでなく、その他の環境要因に対するニッチ分化も種多様性の緯度勾配の形成に寄与していると考えられ、これらを同時に検討する必要がある。本研究では、日本列島の生物群集を対象として、種多様性の地理的パターンの形成に対するニッチ分化とニッチ保守性の寄与を検討した。これまでに蓄積された種の分布データから、種多様性の緯度勾配を定量し、また既存の気象・環境要因と系統情報を利用して、ニッチ分化とニッチ保守性を評価した。これらに基づいて、ニッチ分化とニッチ保守性が種多様性の地理的パターンに及ぼす影響を議論したい。

T19-3

系統を考慮した生態ニッチモデリングによる群集保全

村上正志（千葉大・理）

人為的な環境改変による生物種の絶滅が進行する中で、群集・生物多様性の保全は、生態学が解決すべき大きな課題である。特定の種を保全するには、その種が必要とする局所的な環境を保全すればよいが、将来にわたって生物多様性を維持するには、広域での群集レベルの保全が必要になる。しかし、それぞれの種の環境に対する反応は多様であり、環境改変が群集構造に与える影響を理解するには、これらの反応を制限する要因に注目する必要がある。生物種の分布予測は、生態ニッチモデリングとして定式化されているが、これは、環境変数と生物種の分布の相関関係から、分布域全体を外挿するというアプローチである。しかし、生物種の形質は系統関係に依存するため、分類群内の種は疑似反復となる可能性がある。そこで本研究では、生態ニッチモデルに、分類群の集合をランダム効果として階層的に導入する。分類群の階層性を異なる段階で導入した複数のモデルを比較することで環境改変に対する反応性に関する系統の影響を評価する。これに基づいて、人為的な土地利用の改変が生物群集に及ぼす影響を議論する。

T20-1

撹乱跡地の植物初期定着における facilitation：泥炭採掘跡地における谷地坊主の例

小山明日香（北大・環境科学院）

撹乱後の遷移初期における植物定着機構において、植物種間の促進作用（facilitation）の重要性が指摘されている。Facilitation は、撹乱・高ストレス環境において、ストレス耐性のある先駆種が環境形成作用により後続する他種の定着を促進させることで，生態系回復を進行させる。しかし、facilitation の強さや重要性は、空間・時間スケールで変化する様々な環境要因に関連して状況依存的に変化するため、その機構解明が課題となっている。

泥炭採掘跡地は、強光、乾燥化、土壌侵食などにより植物定着が困難な環境であるが、スゲなどが裸地に谷地坊主を発達させることで、定着促進作用をもつことが期待されている。しかし、谷地坊主は、リターの蓄積と隆起構造の発達により複数の環境要因を同時に変化させるため、他種のパフォーマンスに正負の作用をもつと考えられる。また、環境（降水量）の年変動に伴い、谷地坊主による正負の作用のバランスは変化するかもしれない。そこで、谷地坊主 - 他種間の空間分布の関連性，環境操作実験による定着促進作用の主要因検出及び 4 年間の実生追跡調査による年変動の検出を通し、谷地坊主による定着促進機構を複数種を対象に検証した。

北海道サロベツ湿原では、谷地坊主の周囲において外来種を含む多年生草本が多く分布していた。環境操作実験の結果、谷地坊主の周囲では、隆起構造による地表安定化が発芽適地を提供する一方、リター蓄積による被陰と隆起構造による乾燥化が、初期定着種より後期定着種の実生生存・成長を促進させていた。また、少雨年に隆起構造が引き起こす乾燥化作用が強くなり、定着促進作用が弱くなることが示された。

これらの結果は、谷地坊主による環境形成作用が採掘跡地の植物定着を進行させる重要な機構であり、特に隆起構造が生み出す可変的な環境が後期種や外来種の定着を規定することを示唆している。

T20-2

草原の facilitation/competition を switch する要因を探る

吉原 佑（東北大・農）

植物－植物間の正の相互関係は Facilitation、負の相互関係は Competition であり、一般的にストレスの高い環境ほど facilitation がより重要な生態的プロセスとして働いていると考えられている（SGH：stress gradient hypothesis）。Facilitation は回復のプロセスを促進する応用的手法として注目されているが、その応用のためにもこの Facilitation/Competition のバランスを変化させている要因を特定することが重要である。このバランスに影響を与える要因として水分の利用性のような外的な環境要因だけでなく、内的要因として植物の生育ステージ、植物高、分類群の近接性などがある。乾燥・半乾燥草原では多くの研究で facilitation が報告されていることから、草原では特に土壌水分がそのバランスを変化させている要因（すなわち水分ストレス）として考えられているが、詳しくはわかっていない。

そこで、本講演では大陸スケールで草原の低木による facilitation を調査した研究を中心にレビューし、Facilitation/Competition の重要性のバランスを変えている要因を探る。また、演者が関わっている研究事例として、モンゴルの灌木の流砂捕捉による facilitation のマルチスケール評価と化学量論による種の共存メカニズムの解明、大型イネ科草本の糞尿捕捉による facilitation を紹介する。

T20-3

Stress gradient hypothesis (SGH) の成り立ちと今後の展開：SGH に未来はあるか！？

河井 崇（阿南高専・地域連携テクノセ）

'Stress gradient hypothesis (SGH)' とは，海洋生態学者 M. Bertness と植物生態学者 R. Callaway により 1994 年に Tree 誌上で提唱された「生物間相互作用と環境勾配との関係の規則性」に関する仮説である．SGH よると，「生息環境の厳しさの度合い（ストレスの強さ）により，生物間の関係そのもの，もしくは群集におけるその相対的重要性は規則的に変化し，ストレスが弱い環境においては競争関係が卓越する，もしくはその重要性が高くなるが，ストレスが強くなるにつれて中立関係，さらには facilitation（扶助関係）の形成頻度が増加，もしくはそれらの重要性が高くなる」と推測されている．

本講演では，SGH に関する議論のこれまでの展開を演者らの実証結果を交えて紹介するとともに，SGH のさらなる概念的発展とその実証，及び保全・再生への応用を進めるための課題を検討したい．

1.SGH は植物・固着動物以外の生物の関係にあてはまるのか？

SGH はそもそも，陸上・湿地における植物や沿岸域のフジツボ・イガイ類等，固着生物間の関係の変動性の検証結果から導かれたものであり，特に近年の概念的発展は植物間の関係に特化している．従って，現状の SGH の概念が移動性動物や異なる栄養段階の生物間においてもあてはまるのか検証するとともに，新たな概念の構築も検討すべきだと考えられる．

2.SGH は群集モデルとなりうるか？

これまで SGH の実証研究の多くは，ある特定の種間関係の環境勾配に沿った変動の規則性を検証しており，この仮説が元来含意する群集における種間関係の形成頻度や重要性の変動を評価したものは少ない．しかし，群集レベルでの実証には大規模な調査・実験設定が必要となり，理論研究の発展が望まれる．

3. 保全再生への活用は有効だが慎重に

Facilitation は生物の移入を促進しうるため，慎重な導入が必要．

T20-4

保全上重要な湖岸湿原における種・植生レベルの促進効果と伝統的植生管理

* 王喆，西廣淳，鷲谷いづみ（東大・院・農・保全生態）

霞ヶ浦南岸の浮島湿原は、絶滅危惧種 12 種を含む 300 種以上の維管束植物が生育する約 52ha の低層湿原である。湿原内の約 3.5ha の範囲では、植生の中間層（80-100cm）にイネ科植物カモノハシが優占するとともに地表面に蘚類を伴う。カモノハシ優占域は、植物種密度が周辺より有意に高く、絶滅危惧種の多くが集中分布している場所である。そこは、湿原全体の利用管理廃れた現在でも、伝統的な植生利用・管理である萱の刈取りや火入れが高頻度で行われている場所である。

本研究ではこのパターンの成因として、「カモノハシは、株もとに作る微高地およびそこに特異的に生育する蘚類を通して、多様な種の生育を促進する」という「促進仮説」と、「刈取り・火入れはカモノハシの生育を促進する」という「人為撹乱仮説」を設定し、野外調査と実験により検証した。

促進仮説に関しては、湿原内に 100cm^2 の方形区を 90 個設置し、出現種と微地形を記録し、各種の出現可能性に対する蘚類の存在と微地形の効果を階層ベイズモデルで解析した。その結果、10 種中 4 種では微高地による正の直接効果が、3 種では蘚類を介した正の間接効果が認められた。対象種に共通する直接･間接効果も有意だった。また、これらの促進効果は発芽セーフサイトの提供によるものであることが、播種実験から示唆された。

人為撹乱仮説に関しては、湿原内に火入れ区・刈取り区・対照区を設け、各 90 シュートのカモノハシの相対生長率を比較した。相対生長率は、火入れ＞刈取り＞対照の順で有意差が認められた。

伝統的な植生利用・管理がカモノハシの成長を促進し、カモノハシが蘚類の生育を促進し、カモノハシと蘚類が絶滅危惧種を含む多様な湿地性植物の生育を促進するという連鎖的関係が示唆された。近年、浮島湿原では火入れが停止されており、絶滅危惧種の生育や種多様性への影響が懸念される。

T20-5

地域種数 - 局所種数パターンと facilitation

瀧本 岳（東邦大・理）

競争や捕食といった種間相互作用は、どれほど強く生物群集の種構成を決めているのだろうか？あるいは生物群集は単にランダムに移動分散してきた種の寄せ集めなのだろうか？この疑問に答える方法の１つに、地域種数 - 局所種数の関係を見るというものがある。局所群集の集まりを地域群集として、地域群集に含まれる種の数（地域種数）を横軸に、局所群集に含まれる種の数（局所種数）の平均を縦軸にして表した地域種数と局所種数の組み合わせを、複数地域についてプロットしたものが地域種数 - 局所種数関係である。もし競争によって局所群集に含まれる種の数に上限があるならば、地域種数 - 局所種数関係は地域種数の増加に伴い局所種数が徐々に飽和するパターンを示すだろう。しかし、もし局所群集が地域群集にいる種のランダムな寄せ集めならば、局所種数は地域種数に比例して増えるはずである。この方法を用いて生物群集の生成機構を探る研究が数多く行われてきた。

ところが、従来の地域種数 - 局所種数関係が想定する種間相互作用は競争のみの場合が多い。近年重要視される facilitation はどのような地域種数 - 局所種数パターンを生むのだろうか？数理モデルを用いた解析の結果、facilitation が働くと、１）地域種数の増加に対して局所種数が加速度的に増えるパターンと、２）ある地域種数に対して局所種数が双安定を示すパターンが現れることが分かった。また、過去の実証研究のなかには、１）のパターンを示すものもあるようである。この結果は、地域種数 - 局所種数関係においても facilitation を考慮する必要があることを示唆している。

また、facilitation と競争の相対的重要性が、生息環境のストレス傾度に沿って変化するという概念モデルがある。本発表では、この概念モデルを数理モデルに表し解析した結果も合わせて報告し、facilitation を群集生態学理論に組み込んでいくための考察を行う。

T21-1

企画の趣旨説明

杉浦真治（森林総研）

T21-2

絶対送粉共生系はいかに海を渡ったか - コミカンソウ科 - ハナホソガ属共生系の島嶼生物地理 -

川北篤（京都大）

イチジクとイチジクコバチの間に見られる絶対送粉共生や、アリとアリ植物の共生のように、植物と昆虫の間には、互いの存在なしには存続し得ないほど強く依存し合った共生系が多く存在する。これらの共生系は、しばしば生態系の主要な地位を占めるが、個々の生物の分布は共生相手の存在に強く依存すると考えられ、実際、こうした共生系の世界的な分布は必ずしも広くない。しかし、イチジクとイチジクコバチ、ならびにコミカンソウ科植物とハナホソガ属の絶対送粉共生は、世界各地の熱帯域を中心に著しい多様化を遂げている。さまざまな共生系の間で分布域に大きな違いが生まれた背景には、共生系自体の特性や、個々の生物の分散特性がどのように関わっているのだろうか？

コミカンソウ科植物（以下、コミカンソウ）は世界中に約 1200 種が存在し、そのうち約 600 種がそれぞれに特異的なハナホソガ属のガ（以下、ハナホソガ）によって送粉されている。ハナホソガは受粉済みの雌花に産卵し、孵化した幼虫が種子を食べて成熟するため、両者にとって互いの存在は不可欠である。分岐年代推定の結果から、絶対送粉共生は約 2500 万年前に起源したと考えられるが、この年代は白亜紀後期のゴンドワナ大陸の分裂や暁新世ー始新世の温暖期から大幅に遅れており、陸伝いの分散で現在の世界的分布を説明することは困難である。また、マダガスカル、ニューカレドニア、カリブ海諸島、太平洋諸島など、世界各地の島嶼域では、両者の著しい適応放散が見られる。本講演では、両者の世界的な分布パターンや、分子系統解析、分岐年代推定の結果から、共生系が現在のような分布を成し遂げた背景には、(1) コミカンソウ科において、他の送粉様式をもつ植物からハナホソガとの共生が何度も起源したこと、および (2) コミカンソウ、およびハナホソガが 1000km を超える長距離を分散できたこと、の２点が重要であったことを、さまざまな角度から検証する。

T21-3

伊豆諸島における捕食者 - 被食者系の構築機序と形質進化 - 分岐年代の較正に基づく系統地理学的考察 -

栗山武夫（東邦大）

伊豆諸島はフィリピン海プレート上に形成された南北に連なる 9 つの有人島とその周辺の無人島で構成される海洋島である。本土から数 100km ほどしか離れていないため、種の供給地となったであろう日本本土の生物相との比較も行いやすい。本研究で紹介するのは、伊豆諸島と伊豆半島に生息する被食者（オカダトカゲ *Plestiodon latiscutatus*）の形質が地域によって異なること、その淘汰圧として異なる捕食者相（イタチ：哺乳類、シマヘビ：ヘビ類、アカコッコ：鳥類）にさらされていること、さらにその被食者―捕食者系がどのような進化史をたどってきたのかを分子系統地理学により解明する試みの 3 点である。

今回は重要な捕食回避形質であるトカゲの尾の色彩の地理的変異に注目した。オカダトカゲの尾の色彩は鮮やかな青色から地味な茶色まで幅広い変異がみられ、その変異パタンは捕食者の組合せパタンと一致する。特に青い尾は、地味な胴体部との対比で目立つ色を呈することで、捕食者の注意と攻撃を尾部に引きつけ、生存上重要な 頭部と胴体部を防御する機能を持つことで多くのトカゲのグループで進化した適応形質とされている。本研究では捕食者の組合せが異なる 3 つの地域集団の尾部の色彩を、分光器で定量的に測定し、捕食者の近縁種で明らかにされている錐体細胞の感度ピークと比較した。その結果、イタチおよびシマヘビを捕食者にもつトカゲの反射光のピークは、それぞれの捕食者の錐体細胞の感度ピークに対応することが明らかとなった。これは、捕食者ごとの色覚に対応した反射光特性を持つことで、より注意を引きつけて捕食回避効果を高めていることを示唆した。アカコッコを捕食者にもつトカゲの尾部の反射率は、イタチやシマヘビを捕食者にもつトカゲよりも低かったため、目立つ色で捕食者の攻撃を誘引するためではなく、隠蔽的なものであると考えられた。

T21-4

島の生物地理学でカタツムリとカタツムリ食ヘビの共進化過程を読み解く

細将貴（東北大）

生物間相互作用による自然選択は，種間の共進化を駆動するばかりか，種分化の引き起こす力にもなりうる。そのため生物多様性の創造過程を理解するには，生物群集と生物間相互作用の両方の進化的な成立過程をあきらかにすることが重要である。いっぽうで，種多様性は島の面積と強く相関することがよく知られている。そのため面積の異なる島間では生物群集の組成に違いが生じやすく，結果として生物間相互作用の構造と強さに明瞭なコントラストがしばしば見られる。琉球列島の南部には，セダカヘビ類と呼ばれるカタツムリやナメクジを専食するヘビが知られている。またこの地域で多様化している大型のカタツムリにニッポンマイマイ属があり，その一部には，セダカヘビに対して特異的と考えられる防御形質を進化させたものや，その結果として種分化を起こしたものが含まれる。本発表では，セダカヘビ類とエサであるニッポンマイマイ属の共進化と種分化が，島の面積に応じてどのような動態を見せるかを検討してきた一連の研究について紹介する。

T21-5

種間相互作用と島面積の関係 - 小笠原諸島の花外蜜腺を介したアリと植物の共生系ネットワーク -

杉浦真治（森林総研）

島の面積と種数の関係は、島嶼生物地理学において最も重要な法則の一つである。島の面積にともなって種数が増加する傾向は、世界各地で見られる現象である。島の種数 - 面積関係は、種間相互作用数もまた面積とともに増加することを予測している。古くは食物網、最近では動物と植物の共生系ネットワークなど、生態ネットワークといわれる種間相互作用が注目されているが、これらのネットワーク構造が島面積にどのように影響されているかはほとんど知られていない。本講演では、小笠原諸島における花外蜜腺を介した植物とアリとの相互作用系について、島面積と相互作用ネットワークとの関係性を明らかにした研究を紹介する。

植物の中には、葉や芽から蜜を出し、アリをボディガードとして惹きつけ、植食性昆虫による食害を減らす種類がいる。このようにアリが蜜を得る代わりに、植食性昆虫から植物を護る共生関係は、防衛共生として広く知られている。小笠原諸島のアリと花外蜜腺をもつ植物との種間相互作用の数は、島面積とともに増加した。加えて、その種間相互作用ネットワークの構造を示す結合度（connectance）や入れ子度（nestedness）は減少していた。このような島面積と種間相互作用に一貫した法則性が見られるなら、逆に島面積ー種数関係から種間相互作用ネットワークの構造をある程度正確に予想できるかもしれない。

また、小笠原諸島では多くのアリや植物が持ち込まれており、アリと植物との間で観察された対応関係のうち、外来種が含まれる関係の割合は島面積が大きくなるほど高くなった。これは、大きな島ほど人の出入りの頻度が高く環境も多様なので、持ち込まれる外来種が多く、定着しやすいことと関係していると考えられる。このように、島面積は、アリと植物の共生系ネットワークの構造だけでなく、種間相互作用に占める外来種の割合にも影響していた。

T22-1

時間軸からみる生態系の構造

* 陀安一郎（京大・生態研セ），杉本敦子（北大・地球環境）

陸上生態系における炭素動態は、生産生態学的な視点から多くの研究が行われてきた古典的な課題であるが、近年の二酸化炭素濃度上昇および地球温暖化の問題を受けて新たな視点での研究が必要となっている。生態系の炭素循環は、植物による無機炭素から有機炭素への変換に始まる。固定された有機炭素化合物は、最終的には生物圏の代謝を経て無機炭素へと分解されるが、それには時間的遅れ（タイムラグ）が存在する。本企画集会では、生物圏における種々の現象を、炭素固定からの時間をパラメータにして考察する。

本発表においては、時間的遅れを扱う手法として、各種安定同位体比と放射性炭素 14 の天然存在比を組み合わせたアプローチの可能性について紹介する。時間的遅れ現象は、生態系に見られる安定同位体比の時間変化から追うことが可能である。自然存在比だけでなくパルスラベリングを行うことによりラベルされた物質を追うことも可能で、様々な場面で応用が可能である。加えて、放射性炭素も直接的に生態系における時間の情報を得る有用な方法である。放射性炭素 14 は約 5730 年の半減期を持つ放射性同位体で、自然界の時間軸のパラメータとして利用されている。また、冷戦時の大気核実験で放出された放射性炭素 14 は、化石燃料の放出、海洋への溶け込みと生物圏の光合成固定により、現在に至るまで単調に減少してきている。

これらの手法を用いて、炭素が固定された年代を生態系の中に明示することにより生態系の構造と炭素循環をつなぐ研究の可能性について検討を行う。

T22-2

樹木の種子生産に貯蔵炭素は必要か？ - 放射性炭素分析法を用いた検証研究 -

* 市栄智明，吉田昌平（高知大・農），五十嵐秀一（愛媛大院・連合農），田中憲蔵，正木 隆（森林総研），陀安一郎（京大・生態研セ）

多くの樹木の種子生産は、年毎に大きく変動し広範囲に同調する。このような繁殖様式をマスティングと呼ぶ。マスティングのメカニズムを説明する仮説として、最も有力視されているのが「資源収支モデル」である。これは、種子生産に豊凶のある樹種は、豊作年の開花や結実に必要な資源量が多く、またその資源の蓄積に時間がかかるために、種子生産に年変動が生まれるというものである。マスティングを制限する貯蔵資源としては、これまで樹体内の炭水化物の蓄積量が注目されてきた。しかし、マスティングを行う樹木は、種子生産に対して本当に長期間の炭水化物蓄積を必要としているのだろうか？この研究では、戦後の ^{14}C 濃度の急激な変化を利用して、様々な樹木種子に含まれる炭素の構成年代と繁殖周期との関係を調べ、種子生産に対する貯蔵炭水化物の貢献度について検証を行った。具体的には、茨城県小川群落保護林の 6ha プロット内に生育し、繁殖周期の異なる落葉広葉樹 12 種について、1989 年から 1995 年に採取された各樹種の種子を用いて、種子を構成する炭素の同化年代を調べた。そして、実際の種子生産年との差引きから、種子生産に利用される炭素の蓄積に必要な期間を特定し、それと繁殖周期との関係について解析を行った。その結果、調査した落葉広葉樹 12 種は、繁殖周期に関係なく、いずれの樹種も種子中の $\Delta^{14}C$ は種子採取年と同じ、つまり主として当年の光合成資源を使って種子生産を行っていることがわかった。繁殖周期が長く、豊凶の度合いの高い樹種でも豊作年の種子生産に対する貯蔵炭水化物の貢献度が低いことから、マスティングを制限する貯蔵資源やその役割について再考の必要があると言える。

T22-3

年輪炭素同位体比を利用した炭素循環変動解析

鄭 峻介（北大・地球環境）

東シベリアでは、大陸性の厳しい乾燥気候帯にタイガ林が存在している。この森林は永久凍土上にあり、環境変動に敏感な地域であるとともに、その広大な面積により、全球規模での炭素循環に大きな影響を与えると考えられる。このような乾燥地域においては、樹木の炭素固定量は水分環境によって規定されていると考えられており、炭素循環の理解には水循環の理解が不可欠である。

樹木年輪の生長量、及び同位体解析はその高い時間分解能により、生態系の生理状況を時間軸に沿って解析するための有用な手法である。本研究では、東シベリアのヤクーツク（62°N）において、優占種であるカラマツ（*Larix cajanderi*）の年輪サンプルを採取し、年輪サンプルを早材、晩材に分離して、年輪幅、及び年輪 $\delta^{13}C$ 値を測定した。

早材、晩材の年輪 $\delta^{13}C$ 値はそれぞれ、前年夏後半（7/15-9/15）、その年の夏後半の土壌水分量と明瞭な負の相関を示した。このことは、Kagawa et al.（2006）による ^{13}C を用いたトレーサー実験によって示されたように、本サイトのカラマツが早材の形成に前年夏後半に固定した炭素も利用していることを反映した結果であると考えられる。

また、ある年の晩材と翌年の早材を組み合わせて 1 年輪とすることで、夏後半の観測土壌水分量との高い相関が得られ、その関係性から過去 100 年間の土壌水分量を推定し、年輪幅データと比較したところ、カラマツ年輪幅と前年夏後半の推定土壌水分量との間に良い対応関係がみられた。この結果から、前年夏後半の土壌水分量が翌年のカラマツの生長量を規定している可能性が示唆された。

このように、樹木年輪の生長量、同位体データの相互比較、及びそれらと様々な環境因子を比較することで生態系の中に潜む遅れ現象の検出が可能であると考えられる。

T22-4

Delay of ecosystem response through nitrogen cycling in Siberian Taiga

*Popova A., Sugimoto A., Tei Sh. (Hokkaido Univ.), Tokuchi, N. (Kyoto Univ.), Maximov, T.C. (IBPC SB RAS)

Northern regions are known to be poor in nitrogen (N) which may limit plant growth. Therefore, it is important to know availability and allocation of N in ecosystem and labeling experiment with ^{15}N is useful tool to do this. We conducted observation on N cycle in boreal forest ecosystem in Eastern Siberia, where vast area is covered by the largest and the deepest permafrost in the world, and not so many studies on N cycle have been done.

The study site is Spasskaya Pad station, 40 km from Yakutsk city in Republic of Sakha, Russia, the main specie foming the forest stand is larch, which is deciduous conifer. Observed amounts of inorganic N available to plants occurred to be low comparing to it's demand.

We used ^{15}N isotopic label to trace N. In the beginning of growing season it is used for needles and new shoots formation. And N uptaken in the middle of summer is accumulated in storage organs (buds, branches) to be used in the coming year, when soil is still frozen and soil nutrient uptake is limited. 1 year time lag of plant response on N uptake was found. The tracing material applied on tree needles after 1 year was found in another tree parts that shows the possibility of needle N uptake and the high rate of N reuse and reallocation.

T22-5

植生遷移過程における食物網炭素起源の変化

原口岳（京大・生態研セ）

有機物を介した生態系内のエネルギーフラックスは食物網動態を制御している重要な要因であり、結果として生物群集を規定している。食物網のエネルギー起源は究極的には光合成で生産された有機物である。消費者がそれらを取り込む経路は大きく生食連鎖と腐食連鎖に分類され、地下部に蓄積したデトリタスに起源する腐食連鎖は、光合成生産されてから消費者に取込まれるまでに時間的遅れを伴う点に特徴がある。そこで、「体を構成する炭素の光合成生産からの経過時間（diet age）」という時間軸は、消費者が利用するエサ資源に応じた生態系での炭素滞留時間を示し、食物網構造を明らかにするツールとなる。

本研究では、生物体の ^{14}C 分析によって diet age 尺度を陸域生態系に導入し、時系列的な調査地設定によって、植生の二次遷移過程における植物から高次消費者に至る炭素のフラックスを明らかにした。特に、優占する捕食者の一つとして樹上性クモに着目し、クモを頂点とする食物網において、栄養段階間の炭素の転送が遷移過程でどのように変化するのかに着目して研究を行った。

その結果、低木層において地下部腐食連鎖系と地上部生食連鎖系がクモによる捕食を介して連結しており、樹上の捕食者にも地下部腐食連鎖系での滞留を経た有機態炭素が、土壌起源の双翅目を介して供給されていることが明らかになった。更に、同一林齢内においてもクモ類は種によって大きく異なる diet age を示し、そうしたクモの diet age は捕食様式によって強く規定されていることが示された。一方、クモ群集は植生遷移に伴って変化しており、クモ群集を頂点とする食物網の変化を明らかにする上で、林齢によって捕食様式の異なるクモ類が優占種になる事が重要な要素であることが考えられた。本発表では植生遷移に伴い、クモ群集に供給される腐食連鎖由来のエサ資源の寄与率がどのように変化するのかについて、クモのバイオマスベースで論じる。

T22-6

陸上生態系と河川有機物動態

山下洋平（北大・地球環境）

河川水中には様々なサイズの有機物が存在し、孔径 0.2~0.7 μｍの濾紙を通過する画分に存在する有機物は溶存有機物と称される。溶存有機物は微生物への炭素・窒素・リン源として重要であり、微生物ループを介し生態系と密接に関わっている。溶存有機物の主要な起源は土壌有機物、水圏での自生性有機物に区別する事ができ、これらは流域環境（植生や土地利用など）と関係する。しかし、流域環境の変化が溶存有機物濃度・組成に及ぼす長期的影響に関する知見はほとんどない。

本講演では、Coweeta 水文試験地（ノースカロライナ州、米国）において植生変化が渓流水中の溶存有機物濃度・組成に及ぼす長期的影響について評価した研究を紹介する。1957 年に流域内の全樹木（広葉樹）を伐採し、マツを植林したマツ植林区、1977 年に流域内の全樹木を伐採し、森林を自然再生させた伐採区、記録の残っている 1927 年から大きな撹乱を受けていない対照区を集水域とする渓流水において 2007 年 10 月から 2008 年 9 月にかけて月に一度、試水を採取した。採取した試料は、GF/F フィルターで濾過後、溶存有機炭素濃度および 3 次元励起蛍光スペクトルの測定を行った。

対照区渓流水中の溶存有機炭素濃度はマツ植林区・伐採区渓流水中と比較すると、一年を通して高い傾向があった。また、腐植物質の蛍光強度は、溶存有機炭素濃度と同様に、一年を通して対照区渓流水中の方がマツ植林区・伐採区渓流水中よりも高い傾向があった。一方、タンパク質様物質の蛍光強度は、一年を通して試験区間の差が見られなかった。これらの事より、流域の植生が変化する事により、渓流水中の溶存有機物中には長期的影響を受ける成分と、受けない成分がある事が明らかとなった。

T22-7

千年滞留した炭素が現在の河川食物網を支える〜 C-14 天然存在比による証明〜

石川尚人（京大・生態研セ）

河川生態系は、周囲の生態系と活発に物質をやり取りする系である。同時に河川の空間的異質性は生物群集の多様性を生み出し、捕食・被食関係を通じて複雑な食物網構造を形成する。しかしながら河川生態系における食物網構造と、生物にとって最も重要な元素の１つである炭素の循環とはこれまで別々に研究が行われてきた。そこで本研究では、放射性炭素 14 の天然存在比（$\Delta^{14}C$）を用いて河川食物網の炭素起源推定を行った。河川食物網には、礫表面に付着する藻類（付着藻類：自生性資源）と陸上植物リター（他生性資源）という２つの炭素起源が存在する。$\Delta^{14}C$ を用いることで、石灰岩地質の河川において「石灰岩から風化する年代の古い炭素を固定する付着藻類」と「現在の大気 CO_2 に由来するリター」とを分離できることを示した。さらに、石灰岩河川と非石灰岩河川において、食物網の $\Delta^{14}C$ を比較したところ、石灰岩河川の付着藻類の $\Delta^{14}C$ は非石灰岩河川のそれよりも低かった。ただし非石灰岩河川であっても、付着藻類とリターの $\Delta^{14}C$ には大きな差が存在し、流域に石灰岩のような大きな炭素リザーバーがなくとも、$\Delta^{14}C$ を炭素起源推定の有効なツールとして利用できることが明らかとなった。また生物の $\Delta^{14}C$ は大きな変動を示したが、概ね付着藻類とリターの中間の値をとり、$\Delta^{14}C$ により食物網が炭素循環の上に位置づけられることが分かった。これらの結果は、流域の保持する年代の古い炭素が、様々な時間的遅れを伴って河川食物網を支えていることを意味する。

T23-1

里の爬虫両生類の受難の時代：整備と放棄と農法と

大澤啓志（日大・生物資源科学部）

普通種とされる里の両生類・爬虫類は、その生息実態が必ずしも十分には把握されておらず、①実際に減少しているか、②減少しているとしたら何が要因なのか、③複合的な影響をどう科学的に追求できるのか、等の問いが今なお横たわっている。圃場整備による乾田化が早春期繁殖型の両生類に負の影響を与えること、あるいは丘陵地のゴルフ場開発等が両生爬虫類の生息地を減少させていることが指摘されたのが 1990 年代初頭である。その後、圃場整備による水路のコンクリート化による水田と樹林の行き来の移動障害のみならず、生活空間そのものであった多様な環境を持つ土水路・畦畔の消失が指摘される。また、河川やため池等の護岸整備も水辺と周辺緑地を行き来するカメ類への負の影響が指摘される。所謂、我が国の生物多様性を脅かす第一の危機である。カエル類の減少が高次の捕食動物の密度低下を招くことも示唆されるが、実証的な証拠は未だ不十分である。一方、耕作放棄により水田等の植生遷移が進み、両生類の繁殖が減少・停止することも 1970 年代後半に指摘された。すなわち、第二の危機である。今日では、日本各地の条件不利地での耕作放棄が社会問題化しており、人の手が入ることで維持されてきた農村の陽光の水辺や草地（半自然草地）の消失は、日光浴を必要とする外温性の爬虫類の生息域を狭める可能性が想定される。第一と第二の危機の中間くらいに位置付くのが、農法の変化である。作付け品種に合わせて水田の湛水時期や期間が変わり、これにより一部の両生類の生活史と栽培暦が対応しなくなり、生息できなくなることが指摘される。また、二毛作（麦等の裏作）に伴う地域全域での非通水期間の設定、減反政策に対応した水稲 - 大豆 - 麦の輪作等、水田や利水施設の構造と言ったハード面のみならず、農法の様態と里に普通にいた両生類・爬虫類の生息との関係も看過できない。

T23-2

水田に依存した水生昆虫普通種の激減の主因ー苗箱施用殺虫剤の影響評価

日鷹一雅（愛媛大・農）・本林 隆（農工大・農）

従来は、ひと昔前に普通種だった種個体群が著しく衰退し、ＲＤＢに掲載されてきたことが問題になり、水田に生息する種ではタガメやゲンゴロウを代表格に多くの動植物種の絶滅が心配されてきた。このひと昔前のわが国の水田普通種の激減は、この半世紀にわたる農業構造の近代化のための様々な生息環境の悪化によるものであると理解されている。その反省から、環境配慮・保全を志向した水田環境管理が各地で進められているが、果たして水田生物多様性の衰退に歯止めがかかっているのだろうか？　ごく最近、水田昆虫のシンボル種、アカトンボ類の減少が各地で報告されるようになり、アキアカネの減少に関してはある特定の苗箱処理殺虫剤の幼虫に対する悪影響がメソコズム実験によって示された（神宮寺ら　2009）。水稲栽培を省力化する必要性から考案されたのが、苗箱による育苗期に長期残効、微量でよく効く殺虫剤施用による害虫防除技術である。この苗箱処理防除は日本各地で 1990 年代に普及し、現在の高齢化、耕作者激減の農村では基幹となる水田農業技術になっており、10 種類程度の殺虫剤が使われてきた。ここでは、全国に広く分布する中型のゲンゴロウ・ガムシ類の代表種に対する数種の箱処理剤の影響評価を水田マイクロコズムと感受性検定実験によって検討した。その結果、成虫に対しても高い毒性を示す薬剤があること。また、種と薬剤の組合せによって影響のあらわれ方が異なることが示唆された。ヒメゲンゴロウおよびヒメガムシの成虫についてフィプロニルに対する LC50 値を求めた結果、両種の間には 100 倍程度以上の感受性の違いがみられた。このような薬剤成分に対する各種成虫の感受性の違いを把握することは、水田の普通種である昆虫の多様性に対する各種箱処理剤の影響評価を検討する上で今後重要な意義をもつものと考えられる。外来種など他の諸要因にも言及した総合的が議論も忘れてはならないだろう。

T23-3

有機水稲作農法イノベーションの里地の生物多様性に対する影響評価

嶺田拓也（農研機構・農工研）・東 淳樹（岩手大・農）・日鷹一雅（愛媛大・農）

昨年，名古屋で開催されたCOP10では，SATOYAMAイニシャティブが採択され，かつてわが国の里山で見られた伝統的な生産・資源管理法が見直されようとしている。里地の耕作現場においても，環境保全型農業を謳い，減農薬や省農薬栽培が盛んに取り組まれている。特に，化学合成された肥料や農薬を一切使用しない有機農業は，2006年に施行された有機農業推進法を背景に官民一体となった技術開発や普及が進みつつあり，農薬を使用しないことから，里地の生物多様性保全にも貢献しうる農法として，さらなる付加価値を目指して取り組む事例も増えてきている。しかし，最近の有機農業における新しい栽培技術には，除草効率や生産性を重視するあまり，生物多様性に対して負のインパクトを与えている場合も少なくない。また，生物多様性の向上を前面的に打ち出した生物保全型の有機農業技術では，特定の生物の利用や保全を優先しすぎている事例も見受けられ，生態系のバランスを崩してしまうおそれがある。本報告では，近年の有機水稲作におけるさまざまな技術イノベーションに見られる里地の生物多様性への正負の影響について，具体的事例を交え論点を整理したい。取り上げる有機水稲栽培体系や技術としては，「ジャンボタニシ農法」，「米ぬか除草」，「アイガモ水稲作」，「ふゆみず田んぼ」などを予定している。

T23-4

整備年代の異なる畦畔における植物種の出現パターン

渡邉 修（信州大・農）

水田畦畔は，耕作地の境界として重要な役割を持つことに加え，湛水機能，土壌流出防止，農村景観形成など様々な役割を持つ。畦畔一つの面積は小さいが，全国には約20万haあり，一級河川の堤防面積に匹敵する広がりを持つことに加え，定期的な刈り払い管理が継続され，草原性の草本が生息する空間として農地生態系の中でも貴重な存在である。畦畔は昭和30年代まで肥料や家畜飼料生産，ダイズの副次的生産場所として積極的に利用されてきたが，現在では水田耕作の中で単に管理すべき場として維持されている。これまで伝統的畦畔と基盤整備畦畔の植生の比較が行われ，伝統的畦畔に貴重な野草が多数存在していることが各地で報告されている。基盤整備は終戦直後から全国各地で進められ，水稲作の効率化が進められてきたが，同時に多くの畦畔植生も失われてきた。畦畔は基盤整備後，裸地状態から二次遷移が進行するが，基盤整備地における畦畔植生の変化を調べた例は少ない。畦畔における普通種が各地域でどのように出現するかを明らかにするため，ここでは，中国地方を横断する形でモニタリングサイトを設置し，典型的な中山間地における畦畔を整備年代ごとに分け，各年代の優占種を比較した。整備直後の畦畔はスギナとヨモギが優占し，徐々にチガヤ，シバ，ススキ主体の植生に変化する傾向がみられた。モニタリングサイトではイネ科多年草の出現が顕著であった。ノアザミ，ワレモコウ，ウツボグサ，ゲンノショウコなどの野草が整備後１０年以上経過した畦畔で徐々に増加した。帰化種としてオオアレチノギク，ヒメジョオン，セイタカアワダチソウ，メリケンカルカヤなどが頻出し，特にメリケンカルカヤは最近５年間で大幅に増加していた。メリケンカルカヤは，裸地状態の畦畔だけでなく，既存植生の中に侵入する能力が高く，畦畔の普通種回復に深刻な影響を及ぼすと推察された。

T24-1

風力発電施設が鳥類に与える影響（概論）

浦 達也（日本野鳥の会・自然保護室）

（1）影響の種類
- ・生息地の喪失：風車の建設地が繁殖や採餌場所として利用できなくなる。
- ・移動の障壁：渡りルート、巣と餌場間等の移動ルート上に風車が並ぶと、鳥が風車を避けてしまい、利用できなくなる。
- ・衝突（バードストライク）：風車の羽や支柱に鳥が衝突する。衝突のリスクは鳥の年齢や習性、翼に対する体の大きさのほか、視界不良や上昇気流の不足など気象条件によっても違う。

（2）影響の出やすい地形と影響の種類
- ・渡りの通り道や出入り口となる岬や半島部、峠など：移動の障壁、衝突
- ・尾根や谷：生息地の喪失、障壁、衝突
- ・海崖の上：衝突
- ・平地や台地：障壁
- ・餌場となる田畑、水路、海岸線など：生息地の喪失、衝突

（3）影響の出やすい風車の設置パターン
- ・風車列の端
- ・急斜面、峡谷、尾根上の風車
- ・1基だけ独立した風車
- ・間隔の広い風車
- ・餌資源の豊富な場所にある風車
- ・止まり木や避難場所が近くにある風車
- ・支柱が高く、ローターが大きく、速度がゆっくりしているほど危険

（4）モーションスミア現象：室内実験により証明された、猛禽類は回転している風車のブレードから約10m以内に近付くと見えなくなり、風車の存在を認識できなくなるという現象。このことから、猛禽類で衝突事故が多いと考えられている。

（5）採餌行動との関係：猛禽類は下を向きながら集中して餌を探すが、その際に風車の存在に気付くのが遅れる、または急降下時に風車が目に入らなくなると考えられる。また、モーションスミア現象との組合せも考えられる。

（6）環境変化との関係：風車設置に伴う土地改変により周辺部が裸地、牧草地や草地になるなど、土地利用や環境が変化した場合、ノウサギやネズミ類などが増え、そこを新たに餌場として利用する猛禽類が増えることがある。採餌行動を多く行なう場所に風車があると、衝突の危険性が高まる。

T24-2

風車衝突事故がオジロワシに与える影響

白木 彩子（東京農大・生物産業）

北海道における鳥類の風車への衝突事故は、これまでに少なくとも21種を含む83個体で確認され（ニムオロ研究会（2004）、北海道鳥類保全研究会（未発表）、環境省発表資料）、このうちもっとも報告の多いのがオジロワシで、2004年以降23個体が確認されている。これらの死体の発見時の状況には、研究者や事業者による死体探索調査中、施設の保守点検作業中、偶発的な場合、が含まれる。本発表では、発見者への聞き取り調査、環境省資料および現場検証により得た情報から、オジロワシの衝突事故の発生状況について整理し、その特徴について紹介するとともに、事故報告が最も多い苫前町において行っている現地調査の結果やヨーロッパにおける研究事例などから、風車に対するオジロワシの脾弱性について検討する。

一方、日本国内においては、オジロワシ以外の希少種ではイヌワシの一例やハイタカ、ミサゴなどで少数の報告があるが、普通種を含め同一種における多数個体の衝突死は報告されていない。そのせいもあってか、鳥類研究者の間でもこの問題が取り上げられることはあまりなかった。しかし、事後調査の不足により影響が明らかになっていないだけかもしれないし、近い将来、山岳域や洋上を含めたさまざまな鳥類のハビタットに風車が増設される可能性もあることから、第二、第三のオジロワシが出てくる可能性もある。今後、鳥類への悪影響を回避するために風力発電施設建設においてどのような対応がとられるべきか、オジロワシの事例も踏まえてこの課題を検討したい。

T24-3

洋上風力発電が鳥類にもたらす影響

風間 健太郎（名城大・農）

近年、陸上の建設適地の不足や発電効率の良さから、大規模な洋上風力発電施設（以下、洋上風発）が世界中に建設されている。洋上風発は、効率的に電気エネルギーを生産できる一方で、海鳥や渡り鳥の生残や行動に様々な悪影響をおよぼす。洋上風発の建設により、海鳥の休息や採餌環境は直接的に削減されるばかりでなく、埋め立て基礎工事により海流が変化し、海鳥の餌生物資源量を変動させてしまうこともある。また、洋上の風車と鳥が衝突する事故は多数確認されており、とくに海鳥の集団繁殖地付近や、鳥が低空を飛翔する悪天候時や夜間に頻発する。風車との衝突を避けるために、多くの鳥が採餌や渡りの際に風車を避けて飛翔していることが、レーダーによる調査から明らかとなっている。近年では、風車を避けるために最短移動ルートの飛翔が制限された（迂回を余儀なくされた）場合の採餌効率や、飛翔エネルギーコストが計算されている。その計算によると、迂回飛翔はウやヒメウ類でとくに大きな採餌効率の低下や飛翔エネルギーの増大をもたらすことが明らかとなった。こうした採餌効率の低下やエネルギー消費量の増大は、個体の生残率や繁殖成功率を潜在的に低下させると懸念されている。これら洋上風発が鳥類にもたらす悪影響を軽減するために、渡りの重要ルート（海域）や海鳥繁殖地周辺を避けた建設に加え、鳥が視覚感受しやすい風車のデザイン、および鳥の飛翔行動や洋上分布に配慮した風車の配列が求められている。

T24-4

銭函海岸の風力発電問題〜海岸植生の視点から

松島 肇（北大・院・農）

北海道の海岸は砂浜が多く残されていることが特徴であるが、さらに重要なことは、砂浜が後背地の海岸砂丘や海岸林との連続性を自然状態のまま保持した空間的多様性を有する、本来の砂浜海岸の姿を保持している点である。特に、石狩海岸は近隣に190万都市である札幌市を近隣に有し、周辺の石狩市や小樽市を含めると220万人規模の周辺人口を抱える海岸であるにも関わらず、このように本来的砂浜海岸の形態を留めている点で全国的に見ても例がなく、きわめて希少な自然海岸であると言える。特に日本のように温暖で雨量の多く自然草原が成立しにくい環境下では、海岸砂丘上に発達する海岸草原は高山帯の草原と同じように希少な自然草原として評価されている。しかし、日本において海岸草原に対する認識は低く、長い間、開発等による影響にさらされ多くの海岸草原が失われてきた。そのような中、石狩海岸の小樽市域「銭函海岸」では風力発電施設の建設計画が話題を呼んでいる。温暖化が問題視され、新たなエネルギーへの転換が求められる昨今、風力発電は太陽光発電とならんでクリーンエネルギーの代表であり、世論の期待は大きいが、一方で石狩海岸の自然環境も「絶滅危惧」といっていいほど希少な環境である。非常に微妙なバランスの上に成立している海岸砂丘上に人工構造物を設置すると、風の流れが変化し構造物周辺で砂の移動が頻繁に起こるようになる場合や、あるいは静砂垣等で砂の移動を抑制すると今度は内陸性の草本が侵入してきて海岸植生の種組成が変化してしまうこともある。開発と保護、そのどちらを優先すべきかを判断することは容易な問題ではないが、我々が享受している恩恵を次世代に残し引き継ぐこともまた、我々の責任である。安易に関係者だけで結論づけるのではなく、広く意見を聞いた上で議論を重ね、慎重に結論を出すことが必要であろう。

T24-5

鳥類等生態系保全と風力発電等再生可能エネルギーとの調和に向けて

飯田 哲也（環境エネルギー政策研究所）